RIVISTA DEGLI STUDÌ

DI

LOCOMOZIONE E NAUTICA

NELL'ARIA

DI

P. CORDENONS

PROF. DI MATEMATICA NEL R. LICEO DI ROVIGO

ROVIGO

Regio Stabilimento del Cav. Minelli

1875

RIVISTA DEGLI STUDÎ

DI

LOCOMOZIONE E NAUTICA

NELL' ARIA

DI

P. CORDENONS

Profess. di Matematica nel R. Liceo di Rovigo

ROVIGO

Regio Stabilimento del Cav. Minelli

1875

INTRODUZIONE

La ricerca di una macchina atta a trasportare e dirigere l'uomo nell'aria fu fervidamente proseguita in ogni epoca da molti, mentre pur venivano derisi da altri, e tanto gli studî della navigazione aerea progredirono, che possiamo dire con sicurezza aver gli uomini conquistato il dominio dell'atmosfera.

L'importanza della aereonautica pel progresso dell'umanità non è minore della navigazione sui mari col vapore e della locomozione sulle strade ferrate, tanto più che l'aereonave non ha una strada circoscritta come quella delle aque pei navigli, nè così ristretta rigorosamente come quella delle guide di ferro per le locomotive; ma può percorrere lo spazio in qualsivoglia direzione, essa può mettersi in comunicazione diretta con tutti i punti del globo, ed ai popoli remoti e selvaggi apportare i benefici frutti della civiltà.

Le scienze della geografia, della geologia, della storia naturale, della meteorologia e della fisica vedrannosi compiute;

i viaggi de' Franklin, de' Livingstone non saranno più funesti, ed i desiderî degli Humboldt saranno soddisfatti. Il poeta della natura sentirà le più profonde emozioni allo scorgere e dominare dall' alto un infinito orizzonte di bellezze terrestri.

Fra i personaggi che assistevano ai preparativi del primo viaggio aereo, fatto da Pilâtre de Rozier e dal marchese d' Arlandes, eravi Beniamino Franklin, e come gli fu domandato: "A che possono servire i palloni?„ rispose: "A che cosa può servire il fanciullo che nasce?„ — Ed ora quel *pallone* è divenuto una *aereonave* in più breve tempo di quello che sia corso dal giorno che un uomo si fece trasportare sull' aqua da un *tronco d' albero* fino al giorno in cui egli inventò la *nave* che percorse i mari.

Non credo che l' aereonave possa servire a tutti gli usi del commercio, non soffrendo troppo pesanti carichi; ma per la grandissima velocità che potrà avere, trasporterà in brevissimo tempo le corrispondenze epistolari dall' uno all' altro continente. I vantaggi dell' aereonautica nella strategia, e la diminuzione delle spese necessarie alle numerosissime cavallerie esploratrici, fanno pur che sia desiderato dagli uomini d' arme il progresso dell' aereonautica.

Due modi ben distinti si presentarono alla conquista dell' atmosfera:

1. L' invenzione di meccanismi locomotori nell' aria come quelli de' volatili.

2. L' invenzione di una aereonave.

Gli studî furono indirizzati nel primo modo dalla osservazione del volo degli uccelli, ed i primi tentativi fatti per volare furono dai poeti verseggiati con la favola d' Icaro.

Nel 1781 il fisico napoletano Tiberio Cavallo fece innal-

zare nell'aria delle bolle di sapone piene d'idrogene, e nel 1783 in Francia i fratelli Montgolfier riuscirono a far sollevare nell'atmosfera un pallone di carta pieno d'aria riscaldata. Da quell'ora ebbe origine l'aereonautica.

Le eccessive speranze del dominio dell'atmosfera nate co' primi viaggi nell'aria, e gli entusiasmi che questi destarono, fecero creder facile la navigazione aerea, e molti arditi sperimentatori con meschinissime cognizioni di fisica e di meccanica vollero mediante palloni cercar modo di dirigersi nell'aria. I loro tentativi falliti, pregiudicarono quello studio assaissimo, fecero nascere una funesta reazione, e molti dottrinarî, d'ingegno più teoretico che pratico classificarono quella ricerca come assurda, e dichiararono che lo studio della direzione de' palloni volanti aveva ritardato la conquista del dominio dell'atmosfera. Si proclamò lo studio della locomozione degli uccelli come quello che doveva dare la soluzione del problema, non badando punto ai costruttori navali, che non studiarono mai nei meccanismi delle navi la meccanica della locomozione de' pesci, nè ai meccanici, i quali avrebbero riso se si avesse voluto la costruzione delle locomotive secondo le membrature e le articolazioni che servono agli animali nei loro movimenti: quelle si muovono con ruote e stantuffi stimolati dal vapore, questi con gambe e muscoli stimolati dalla energia animale mediante i nervi.

Dimostrerò che la *locomozione aerea*, con meccanismi, nel loro complesso più pesanti dell'aria, *è* teoricamente *assurda*, e co' fatti dell'esperienza proverò le teorie.

Dimostrerò che la *navigazione aerea*, con meccanismi nel loro complesso meno pesanti dell'aria, *è* teoricamente *possibilissima*, e con le esperienze di una *aereonave* e de' mecca-

nismi che la muovono e la dirigono nell'aria proverò le teorie.

Otto anni or sono mi venne la felice idea che fu germe di questo studio, di poi quasi mai interrotto; e poichè per più vicende passò quella prima architettata aereonave, com'è comune alla imperfezione umana che le cose va successivamente perfezionando, così mi pare possa essere alcun poco interessante la storia di questa mia ricerca, e nella parte terza dirò appunto dell'ordine di questi miei studî, delle esperienze che feci, de' meccanismi che volli costruire; ed a ciò sono pur mosso per dimostrare se io abbia meritato il premio Cagnola, che dal R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere deve conferirsi in quest'anno al miglior studio sulla direzione dei palloni volanti. — Già da tre anni sono obbligatissimo agli illustrissimi Academici di quell'Istituto, poichè eglino si degnarono di accettare il mio progetto di navigazione aerea per darne il Giudizio, il quale ho sempre atteso col più vivo interesse; e se verrò premiato, quello sarà ancor il primo impulso efficace che mi vien dato da altri all'attuazione dell'aereonautica.

PARTE PRIMA

La locomozione aerea con meccanismi più pesanti dell'aria

CAPITOLO I°

La teorica del volo.

La sintesi dello studio anatomico degli animali in un tipo ideale enunciata da Buffon, svolta poi da Göthe e da Stefano Geoffroy pare assicurata dai lavori dei principali scienziati, quantunque nel metodo e nelle opinioni delle derivazioni organiche vi sieno delle grandi differenze, così fra inglesi e francesi, nè sempre s'accordino coi nostri migliori anatomici. Ma tutti i naturalisti, considerando le costituzioni organiche delle varie classi degli animali in ordine alla locomozione, convennero che gli organi sono perfettamente in armonia coi movimenti proprî dell'istinto di ciascuna specie; così negli animali che volano, tutte le modificazioni subite dal tipo ideale negli organi del riposo, del moto, della nutrizione, della circolazione del sangue e della respirazione sono sempre determinate da una legge armonica colla funzione del volo, alla quale nessuna parte sfugge e senza la quale la locomozione aerea sarebbe impossibile.

Coll'aiuto de' migliori scrittori di anatomia comparata potrei tentare di rendere accessibile il concetto del tipo de-

gli animali, e poi quello dell'apparato locomotore de' volatili; ma siccome questo studio sarebbe troppo diffuso, nè tutto convergerebbe al tema propostomi; così mi limiterò di riportare le principali osservazioni e teorie sul volo degli animali, accennando a quelle cose di anatomia che sono necessarie alla chiara intelligenza di ciò che viene esposto. — Guida a questo studio mi fu il libro del dottissimo signor Edmondo Alix, dottore in medicina ec. "*Essai sur l'appareil locomoteur des oiseaux.*"[1]

Aristotele nel suo libro *De animalium incessu* dice che il volo si fa in quattro modi, e che si effettua con le ali così che esse subiscono una serie di inflessioni e di estensioni. La coda serve a dirigere il volo come fa il timone nelle barche. Gli uccelli che hanno le code brevi si girano dirigendo le gambe in modo che queste facciano da coda.

Gli uccelli ad unghie adunche sono i migliori volatori, ed i loro corpi sono i più adatti al volo. La testa è piccola, il collo grosso, il petto robusto, ma stretto sul dinanzi per fender l'aria come la prua di una nave; il di dietro del corpo pur si ristringe per scemare le resistenze ai movimenti.

Plinio il vecchio[2] discorre eloquentemente del volo degli uccelli, ma le sue idee non sono più profonde di quelle di Aristotele.

Galeno[3] discorrendo degli uccelli che stanno librati sull' ali dice: "Supponete un uccello in aria che paia immobile.

1) Paris, G. Masson éditeur, 1874.
2) Caii Plinii, Hist. natur. Lib. X. Cap. LIV.
3) Galeni opera, Lib. I. Cap. VIII.

Si dirà che non si muove punto, come se fosse sospeso nell'aria, o si dirà che è mosso da un movimento verso le regioni superiori la cui energia si contrappone a quella che attirerebbe il corpo a terra? Questa seconda opinione mi sembra la più giusta; poichè, supponete l'uccello privo di vita o della tensione de' suoi muscoli, e voi lo vedrete discendere a terra. Epperò la tendenza a cadere, propria dei corpi pesanti, è precisamente contrabbilanciata dallo sforzo vigoroso della tensione psichica che eleva l'uccello nell'aria.,,

Nel medio evo sul volo degli uccelli scrissero Alberto il Grande[1], Federico II. imperatore[2]; ma le loro idee sono ristrette come quelle de' predecessori; nondimeno Federico fece cenno dell' aria che doveva circolare nelle ossa dei volatili.

Nel XVI. secolo in Francia Pierre Belon[3] pensò il movimento del volo dipendente da due condizioni, che sono la leggerezza dell' uccello e la resistenza dell' aria.

In Italia Aldrovando, filosofo e medico bolognese, nella sua opera di ornitologia insiste sopra un certo movimento tonico *(motus tonicus)* che fanno gli uccelli librati nell'aria.

Ma chi primo d' ogni altro trattò da maestro la teoria del volo si fu Girolamo Fabricio d'Aquapendente, professore di anatomia nell' Università di Padova[4]. Egli dice: "Il volo è la particolare locomozione degli uccelli, e viene eseguito dalle ali. L' insieme del corpo tende alla forma piramidale, ben

1) Alberti Magni Operum, Lib. V. *De motu volantium et natantium.*

2) De arte venandi cum avibus.

3) L' histoire de la nature des oyssealx.

4) Hieronimi Fabricii ab Aquapendente. De motu localium secundum totum et primo quidem de gressu. De alarum actione, hoc est de volatu. Padova 1618.

disposta per fender l'aria, e per questo fine i piedi si stendono sotto il ventre.

Le penne servono *ad volandum, ad sese in aere sustinendum, ad corporis tutelam.* Loro proprietà principale è la leggerezza; sono in parte penetrate dall'aria, ed hanno una conveniente resistenza e solidità. Quelle che servono al volo sono più lunghe, più forti, più curve.

"Il peso del corpo è alleggerito dall'aria che penetra in esso, e scorre per tutte le ossa. Ma questa leggerezza non basta al volo, è necessario l'esercizio delle ali. L'uccello stende le sue ali, nè può star in aria se esse non sono tese; allora soltanto può mantenersi in una specie di immobilità. Nella discesa le ali rimangono tese ed eseguiscono diversi movimenti. Egli è nel volo d'ascesa che l'uccello fa la maggior fatica.,,

"I movimenti delle ali sono la flessione e l'estensione, l'abbassamento e l'elevazione. Stanno or diritte, or oblique; i movimenti obliqui servono principalmente a cangiare il verso del volo. Quando l'uccello vuol ascendere batte con l'ali l'aria vigorosamente; se vuol discendere, men fortemente. Se vuol dirigersi in linea retta le due ali lavorano con eguale vigoria ed inflessione. Se vuol girare a diritta inclina una delle ali a diritta; se a sinistra, a sinistra: e l'altra muove più rapidamente, o ne rallenta il moto. L'abbassamento delle ali serve a condensare l'aria al di dietro, e a rarefare quella al dinanzi. L'aria accumulata e condensata sotto le ascelle reagisce rapidamente e spinge l'uccello innanzi.,, — Come Aristotele, Fabricio dice che la coda funziona da timone; ma soggiunge che rende l'uccello più leggero poichè offre all'aria una maggior superficie. Esami-

nando la struttura organica dell'uccello conclude: "che la massa pesante dell'animale è ben vicina alle congiunzioni delle ali.„

Galileo[1] dimostrò che le cavità aeree delle ossa degli uccelli fanno queste più resistenti diminuendo il loro peso.

Il filosofo e fisico Gassendi[2] dice che le ali sarebbero inutili all'uomo poichè dovrebbero esser adattate ad un corpo che porta la sua lunghezza orizzontalmente. Il numero ed il modo degli sbattimenti d'ali negli uccelli varia colle loro specie. Le ali non premono soltanto l'aria dall'alto in basso, esse la spingono pure dai dinanzi al di dietro. L'uccello non può volare in dietro; ma si gira e presenta sempre all'aria la testa, come la prua d'una nave. La coda fa da timone.

Per girare a diritta, l'uccello rallenta i movimenti dell'ala diritta, e reciprocamente. Quando vuol poggiare a terra, rallenta i battiti delle ali, abbassa la coda, alza il capo, e distende i piedi per toccare il luogo ove vuol fermarsi.

Jean Ray, celebre naturalista inglese del secolo XVII. insiste sopra il volume dei muscoli pettorali degli uccelli, dice che l'uomo invece tiene nelle membra posteriori i maggiori muscoli, e conclude che se questi volesse volare, non con le braccia, ma con le gambe dovrebbe muover le ali.

In queste ricerche il Borelli[3], celebre filosofo, fisico e matematico italiano, sorpassò tutti i suoi predecessori. Dicendo del volo degli uccelli *(de volatu)*, descrive innanzi tutto l'anatomia delle ali, nè trascura la considerazione delle

1) Discorsi e dimostrazioni matematiche, Lib. III., 1655.

2) Opera omnia, 1658, Lib. I. De volatu.

3) De motu animalium. Roma 1680.

senza sforzo, si abbassa come scivolasse su di un piano inclinato; sembra che nuoti piuttosto che voli; precipita la corsa, la rallenta; si arresta e sta come sospeso o fisso nello stesso luogo per ore intere senza che si possa notare un lieve movimento delle sue ali.„

Discorrendo della forza muscolare degli uccelli, lo stesso Buffon asserisce che il cigno può dare un colpo d'ala così forte da rompere la coscia d'un uomo.

Vicq d'Azyr, dottissimo anatomico naturalista, descrisse [1] come le ali compiono i loro movimenti.

"Cerchiamo, riassumendo, di dare una idea positiva del volo, movimento complicatissimo, che risulta dalle funzioni di tutte le potenze che abbiamo considerato in particolare. Affinchè le ali si svolgano e possano muoversi con forza e sicurezza, bisogna che l'omoplata e la clavicola sieno tenute ben ferme dal trapezio, dal romboide, dalla parte superiore del grande dorsale, delle costo-scapulari, e dai claviculi [2]. Appena che il punto d'appoggio è sentito dalle ali, il mezzo pettorale si contrae col deltoide ed il sotto clavicolo interno, e l'omero viene portato innanzi; mentre agiscono i muscoli che tendono le membrane anteriori e posteriori delle ali, gli estensori dell'avambraccio e del dito compiono lo svolgimento dell'estremità anteriore; le penne intanto vengono distese e la superficie dell'ala s'allarga in tutta la sua estensione. Il grande pettorale si pone in azione, e come si tende fortemente, così abbassa l'ala tutta tesa, e batte con forza

---

1) Oeuvres, édit. Moreau de la Sharte, 1772.

2) Sono le ossa ed i legamenti che tengono le ali congiunte così come le braccia al torace, e formano le pareti superiori del tronco.

un grande volume d'aria. Allora il piccolo pettorale, il sotto clavicolo esterno, l'omero-scapulare ed il muscolo, che risponde al gran dorsale, avvicinano l'omero al torace, e continuano ad abbassare l'ala. Il sopra-scapulare funziona quindi per rilevarla un poco, nello stesso tempo il bicipite ed il flessore si contraggono; queste potenze diminuiscono l'estensione dell'ala, e tuttavia il corpo dell'uccello sale, o si avanza pel colpo d'ali dianzi fatto. Finalmente il medio pettorale si contrae di nuovo ed il giuoco successivo di questi differenti muscoli ricomincia.,,

Egli distingue adunque tre tempi nel volo: nel primo, la clavicula[1] e la scapula[2], rese fisse, rinforzano l'ala nel suo movimento di distesa in alto e sul davanti; nel secondo, l'ala ancor tesa si abbassa con forza e si porta obliquamente indietro; nel terzo, l'omero[3] si avvicina alle costole, l'avambraccio[4] ed il braccio si piegano: allora la velocità dell'uccello va scemando, e soltanto si muove per l'impulso del lavoro antecedente.

Verso la fine dello scorso secolo il tedesco Silberschlag scrisse sul volo degli uccelli, e come pensò di attribuire la resistenza dell'aria alla sua elasticità, volle determinare con le formule della matematica lo sforzo che deve fare l'uccello

---

1) Clavicole si dicono quelle due ossa lunghe e ritorte che si estendono dal principio dell'osso situato nel mezzo del petto, lo *sterno*, e vanno agli *acromi*, che sono le sommità delle spalle.

2) La scapula (omoplata) è quell'osso triangolare situato nella parte posteriore della spalla.

3) L'omero è quell'osso che dalla spalla va al cubito.

4) Nello scheletro delle ali dell'uccello si riscontrano tutte le ossa simili a quelle del braccio e della mano dell'uomo; di queste alcune sono saldate insieme.

volando, ed i risultati non sono punto favorevoli all'uomo che con ali meccaniche credesse poter volare.

In Francia verso quel tempo Huber publicava le sue *Observations sur le vol des oiseaux de proie*. Distinse quelli uccelli dalle forme delle loro ali in rematori e velieri, ritenendo che i primi volino principalmente con ali mosse a guisa di remi, e gli altri con ali tese a modo di vele. Trovò che gli uccelli rematori sono più pesanti degli altri, e concluse, per certe teorie di meccanica, che al loro peso devono la grande velocità.

Barthez poi nella *Nouvelle Mécanique des mouvements de l'homme et des animaux* (1798) espose per esteso la teoria del volo degli uccelli, discutendo le opinioni dei predecessori. — Raccoglierò quelle sue principali idee, che nel nostro studio c'interessano maggiormente.

" Le cause principali della resistenza dell'aria, che è necessaria al volo, sono le cause generali della resistenza dei fluidi, che sono comuni tanto ai fluidi elastici quanto ai non elastici. „

Egli ammette che le resistenze opposte dall'aria ai movimenti impressi all'ala dai muscoli sieno eguali agli sforzi esercitati da questi. Dice che quelle resistenze possono ridursi a due risultanti, l'una verticale, l'altra orizzontale. Quando queste due forze non concorrono esattamente al centro di gravità, nel volo avvengono degli squilibri. L'uccello può " trasportare il suo centro di gravità fino ad un certo punto in avanti, in dietro, ed anche di fianco. „ Ciò egli consegue con particolari movimenti della testa, del collo, della coda, o facendo pur variare la dilatazione delle vesciche toraciche e addominali.

Egli pensa, che il peso specifico dell'uccello possa essere diminuito per l'ingrandimento delle vescicule aeree, dilatate dall'aria in esse contenuta; ma rigetta l'opinione di Cramper, che crede diminuisca quel peso per la dilatazione dell'aria nelle ossa: la quantità di quest'aria è così piccola che la sua rarefazione non importa una differenza di peso sensibile. Egli crede che la compressione dell'aria nelle ossa e nelle ali giovi all'energia meccanica dei muscoli.

Spiega il libramento degli uccelli nell'aria per la velocità che essi hanno acquistata innanzi, e rallentando questa, possono mantenersi in alto con movimenti quasi insensibili. Egli afferma che un vento moderato favoreggia il volo dando all'aria maggior resistenza, e l'uccello tendendo le ali e la coda di contro alla corrente, forma come un sistema di vele.

Nell'atto in cui l'uccello si muove al volo, Borelli ammetteva uno slancio simile al salto, e pensava che il volo si componesse di movimenti nel loro complesso simili a quelli del salto. Barthez respinge queste idee, non ammette neppure che il primo slancio sia del genere dei salti, e crede tutto il movimento venga fatto dalle ali con moti a loro speciali.

Cuvier[1] svolse meglio le idee esposte da Bathez, e a differenza di questo affermò che il movimento che fanno gli uccelli slanciandosi in aria è quello di un salto, e con moti simili a salti vanno volando. "Allorquando l'uccello vuole slanciarsi in aria spicca un salto da terra o si precipita da qualche altezza. Allora egli solleva l'omero ed insieme tutta l'ala ancor piegata, la spiega poi orizzontalmente stendendo l'avambraccio e la mano: l'ala, com'è svolta per intero, l'uc-

1) *Anatomie comparée,* 1800.

cello l'abbassa repentinamente facendole fare col piano verticale del corpo un angolo più aperto in alto, più acuto al basso. La resistenza dell'aria al movimento impressovi reagisce verso il corpo dell'uccello, che si mette in moto come facesse un salto. Allorchè l'impulso è dato, l'uccello chiude l'ala ripiegando le articolazioni e poi la solleva di nuovo pel colpo seguente.,,

"La velocità acquistata dall'uccello nell'ascesa è gradatamente diminuita dall'effetto della gravità, come avviene per ogni corpo slanciato in aria, e v'è un istante in cui quella velocità è nulla, in cui l'uccello nè sale, nè scende. Se egli coglie precisamente quell'istante per un nuovo colpo d'ali, esso acquisterà una nuova velocità ascendente che lo porterà innanzi come prima, e così continuando salirà con moto uniforme. ,,

"Se dà il secondo colpo d'ali prima di arrivare al punto in cui la velocità acquistata innanzi è annullata, esso aggiungerà una nuova velocità a quella che gli rimaneva, e così continuando salirà con movimento accelerato. ,,

"Se non vibra le ali all'istante in cui la sua velocità ascendente è annullata, esso comincierà a ridiscendere con una velocità crescente.,,

"Se lascia cadere il corpo all'altezza da cui era salito innanzi, esso non potrà risalire a quella altezza da cui discese se non con una vibrazione d'ali molto più forte; ma cogliendo nella caduta un punto tale che la velocità acquistata pella discesa ed il minimo spazio che rimane a ridiscendere si compensino reciprocamente, esso potrà, con vibrazioni eguali, mantenersi sempre alla stessa altezza. ,,

"Se vuol discendere, ripeterà le vibrazioni dell'ali men

frequentemente, ed anche ne farà senza. In quest'ultimo caso esso cade con tutta l'accelerazione de'corpi gravi; ed è ciò che si dice *discesa fulminante*.,,

"L'uccello che così discende può ritardare subitaneamente la sua caduta stendendo l'ali, e ciò a cagione della resistenza dell'aria che aumenta come il quadrato della velocità del corpo che discende, e può, aggiungendovi alcune vibrazioni, mettersi di nuovo in condizione da innalzarsi. Allora avviene quel *volo* che si dice di *risorsa*.,,

Cuvier ragiona poi con mirabile chiarezza di tutti i movimenti fatti dalle ali e dalla coda nella direzione che l'uccello vuol dare al suo volo. Descrive la forma generale del corpo dei volatili, considera i movimenti dei loro centri di gravità nell'esercizio del volo. Egli aggiunge: "l'aria, che respirano gli uccelli, li gonfia in ogni parte, principalmente per la sua dilatazione prodotta dal grande calore del corpo.,,

H. Milne Edwards nei suoi elementi di zoologia [1] riassume la teoria del volo concludendo: "I movimenti degli animali nell'aqua e nell'aria sono analoghi a quelli del salto in terra, con la differenza che le membra in quei movimenti si appoggiano a corpi fluidi, in questi a corpi solidi....,,

"Le membra che stendendosi e ripiegandosi indietro, devono spingere il corpo innanzi, s'appoggiano sull'aqua o sull'aria, e tendono a ricacciare indietro questi fluidi con una velocità più o meno grande; ma se la resistenza che l'aria o l'aqua presenta in questo senso è superiore a quella che si oppone al movimento dell'animale stesso in senso contrario questi fluidi forniranno alle sue membra un punto d'ap-

---

1) *Éléments de zoologie*, 1834.

poggio, ed il movimento prodotto sarebbe il medesimo che avverrebbe come se queste elasticamente urtassero un ostacolo invincibile. Or, quanto meno il fluido in cui l'animale si muove è denso, tanto meno sarà resistente il punto d'appoggio, e tanto più diverrà grande la forza necessaria per superare con la velocità del corpo là velocità con la quale quel punto se ne sfugge; epperò il volo richiede una potenza motrice molto maggiore di quella che è necessaria per la natazione, e l'uno e l'altro di questi movimenti non potrebbero effettuarsi con la forza che è sufficiente per determinare il salto sopra una superficie solida.„

"Ma il grande sviluppo di forza motrice non è la sola condizione necessaria alla locomozione aerea od aquatica; perchè l'animale immerso in un fluido incontra eguale resistenza in ogni direzione, la velocità che avrebbe acquistato spingendo indietro il fluido sarebbe ben presto perduta se esso non potesse diminuire considerevolmente la superficie degli organi del volo come di quelli della natazione; poichè presenta con essi, in direzione perpendicolare a quella del movimento, una superficie alternativamente larghissima e poi molto stretta.„

M. Macgillivray nella sua ammirabile opera intitolata: *History of the birds of Great Britain* [1] premette alla teoria del volo una esatta descrizione dei muscoli e delle ossa degli uccelli, e dice che l'omero principalmente varia in lunghezza col variar della specie, è cortissimo nelle rondinelle, di moderata lunghezza nei gallinacci, più lungo nelle cornacchie e lunghissimo nell'aquila dorata. Dice che l'ala si piega verso l'alto in

1) London, 1837.

avanti, accostandosi al corpo; e che si estende battendo l'aria in fuori, verso il basso ed al di dietro.

Il prof. Owen, celebre per la sua anatomia comparata, in cui si è sforzato secondo le idee di Platone e di Göthe di sintetizzare in un tipo lo scheletro de' vertebrati, discorrendo del volo degli uccelli dice: "Che un colpo d'ali dall'alto al basso farebbe soltanto innalzare l'uccello in aria; per farlo avanzare le ali devono esser mosse secondo un piano obliquo in modo da batter l'aria così in dietro come al basso.,,

Strauss-Durkheim[1] scrisse pure un bel trattato sul volo degli uccelli, e fu il primo a dire che la punta delle ali descrive certe ellissi, il cui grand'asse è diretto dal basso obliquamente in alto. Cercò di determinare la forza specifica del tessuto muscolare ne' diversi animali, e con diligente studio verificò che i muscoli sono molto più potenti negli insetti che negli uccelli, che hanno i muscoli più energici di quelli dell'uomo nel rapporto di 6 a 5. Un muscolo del cervo-volante di 20 centigrammi, secondo le sue esperienze, porterebbe un peso di 7 chilogrammi, ed un muscolo d'uccello di egual peso non porterebbe 1 chilogrammo.

Egli pure notò che la rapidità degli atti muscolari negli insetti è molto maggiore di quella degli altri animali, e fra questi gli uccelli gli mostrarono la maggior rapidità nella comunicazione degli atti che seguivano a certi stimoli, ai quali erano assoggettati i muscoli.

Il marchese d'Esterno[2] considerò nell'equilibrio del volo il centro di gravità del corpo, e fece osservare che la sua po-

1) *Thèologie de la nature,* 1852.
2) *Du vol des oiseaux,* 1865.

ed innalzamento dell' ala, prodotti direttamente dai muscoli dell' animale.

Discorrendo delle diverse specie d' insetti, osserva la grande diversità d' inclinazione del piano nel quale le ali oscillano. "I ditteri ci parvero avere questo piano di oscillazione molto vicino all' orizzonte; gli imenotteri muovon l' ali in un piano vicino a 45 gradi; i lepidotteri batton le ali quasi verticalmente.,,

Con altri suoi congegni atti a registrare i movimenti delle ali e de' muscoli pettorali dell' uccello che vola, ha trovato che le estremità delle ali descrivono delle ellissi incavate *(échancrées)* nelle parti superiori ed inferiori. Egli ha misurato la rotazione dell' omero, che sarebbe di 45 gradi, ed ha concluso col Borelli che l' ala discendendo solleva l' uccello, e gli imprime un movimento di translazione orizzontale. Ha notato, che l' ala impiega per innalzarsi un tempo minore di quello che per abbassarsi. Ed ha pur osservato, che la velocità dell' ala nel volo non è sempre uniforme; nella partenza i battiti sono più rari, ma più energici, e conseguono quindi un ritmo regolare finchè l' uccello si dispone al riposo.

In una seconda Memoria (1872), Marey modificò alcune sue proposizioni. Così l' 8 descritto dall' ala dell' insetto non è più verticale ma orizzontale, come dice l' inglese Bell Pettigrew; la figura descritta dall' ala dell' uccello non è più un' ellisse incavata, ma un' ellisse regolare, come disse Strauss-Durckheim.

Egli ha inoltre costruito delle ali artificiose sintetizzando quelle degli insetti e poi quelle degli uccelli; e le fece muovere da principio secondo le idee emesse innanzi, poi secondo le modificazioni che avevano ricevuto pei nuovi studî.

Dalla *Revue des cours scientifiques de la France et de l'Étranger,* 29 mars 1869, si ricaverebbe, dalle parole stesse di Marey, che le ali, che egli allora costruiva, non erano *ali volanti*, ma de' congegni puramente propulsori, poichè egli dice che la macchina alata da lui costruita "non ha forza bastante a sostenere in aria il proprio peso.„ Ma poi nel 1873 terminava il suo libro *la Machine animale* con queste parole:

"La riproduzione del meccanismo del volo or preoccupa molti ricercatori, e noi non esitiamo a confessare che siamo stati animati a questa laboriosa analisi dei differenti atti del volo dell'uccello, dalla ferma speranza di poter pervenire alla imitazione sempre meno imperfetta di quel tipo ammirabile che è la locomozione aerea. Nelle nostre prove, che furono interrotte nei due ultimi anni, abbiamo già ottenuto alcuni successi.„

"Si poterono vedere nel nostro laboratorio dei congegni alati che, adattati ad un maneggio, ricevevano un movimento di rotazione assai rapido. Ma ciò era soltanto una imitazione imperfettissima, che noi speriamo di migliorare ben presto. Già un giovane ingegnere esperimentatore, M. Alfonso Pénaud, ha ottenuto in questi lavori de' risultati molto più soddisfacenti [1]. Il problema della locomozione aerea, considerato non ha guari come una utopia, è tentato oggi in modo veramente scientifico.„

---

1) Nel II. capitolo di questa I. parte dirò degli esperimenti di M. Pénaud. Benchè questi sieno soddisfacenti il Pénaud stesso dovette confessare, addì 27 novembre 1874, che molto probabilmente lunghissimi anni ci separano ancora dalla realizzazione del volo con meccanismi nel loro complesso più pesanti dell'aria.

Il naturalista De Lucy scrisse egli pure sul volo degli animali [1], e si occupò principalmente della determinazione de' rapporti che esistono tra i pesi de' corpi dei volatili con le estensioni delle loro ali. Egli avrebbe scoperto una legge, cioè che le superficie delle ali sarebbero tanto minori quanto proporzionatamente maggiore il peso dell'animale volante. Per meglio confrontare le estensioni delle ali delle diverse specie d'animali alati, egli le riferì all'animale tipo d'ogni specie, tanto grande da pesare un chilogrammo. Così dopo avere constatato che la zanzara che pesa 3 milligrammi ha le ali estese per 30 millimetri quadrati, con una proporzione egli deduce che la zanzara tipo, del peso di 1 chilogrammo, terrebbe una superficie alare di 10 metri quadrati. E da quell'autore si raccoglie il seguente prospetto.

Specie	Peso dell'animale	Superficie delle ali	Superficie alare del tipo
Zanzara	3 mg.	30 mmq.	10 mq.
Farfalla	20 cg.	1663 »	8,33 »
Piccione	290 g.	750 cq.	0,2586 »
Cicogna	2265 »	4506 »	0,1988 »
Gru d'Australia	9500 »	8543 »	0,0899 »

1) *Sur le vol des oiseaux, des chauves-souris et des insects dans ses rapports avec la locomotion aérienne.* Paris, 1870.

Il matematico però non è molto sorpreso dalla considerazione di questa tabella, poichè egli pensa a due leggi enunciate dalla scienza che professa, e sono:

1. Che nelle figure simili le estensioni delle superficie stanno fra loro come i quadrati delle linee omologhe, ed i pesi come i cubi: così, se due volatili della stessa specie potessero avere l'uno le ali di tripla lunghezza dell'altro, quello dovrebbe crescere il suo corpo in modo da aumentarne il peso ben ventisette volte.

2. Che i volumi d'aria spostati da ali omogenee simili e e similmente mosse stanno fra di loro come i cubi della lunghezza di quelle ali: così, nella fatta supposizione, quell'animale con ali di tripla lunghezza può incontrare per l'aria una resistenza ventisette volte maggiore della resistenza incontrata dall'altro.

E poichè dalla meccanica sappiamo che la resistenza incontrata da un'ala in moto è proporzionale al quadrato della sua velocità, ben si chiarisce perchè la mosca comune batta ciascun'ala volando ben 330 volte ad ogni secondo, mentre la farfalla de' cavolifiori fa soltanto 9 battute.

L'anatomia poi ci mostra le robustezze dei muscoli proporzionali al lavoro effettivo che deve fare ciascun animale volante. Muscoli grossi e corti sono quelli dei volatili che con grande energia muovono velocemente le loro ali, muscoli lunghi e sottili sono invece quelli degli animali che muovono le ali con meno energia. L'osso dello sterno negli uccelli è per così dire la nicchia dei muscoli pettorali, ed ognuno potrà facilmente osservare che gli uccelli ad ali larghe hanno uno sterno lungo e corto, quelli ad ali lunghe e strette, uno sterno lungo e stretto.

Il signor dottor Hureau di Villeneuve, segretario generale della *Société francaise de navigation aérienne*, fondandosi sugli studî di M. de Lucy, cercò di calcolare la superficie dell'ala che dovrebbe avere un pipistrello pesante tanto quanto un uomo, ed ebbe per risultato che ciascuna ala dovrebbe essere distesa per ben tre metri quadrati. Ma se egli poi fondandosi sugli studî dell'olandese Haerting[1] avesse calcolato quanto l'uomo dovrebbe sviluppare i suoi muscoli pettorali affinchè sieno capaci del movimento necessario a quelle ali per volare con esse, avrebbe trovato che il peso di quei muscoli dev'essere non meno che centuplicato.

Nell'anno scorso in Francia M. Edmond Alix mostrò maggiormente la sua vasta scienza anatomica e fisiologica in quel dottissimo libro, che abbiamo detto averci indirizzati allo studio del volo degli animali. Nella prima parte di quest'opera descrive il tipo ideale dell'apparato locomotore degli animali vertebrati, e dimostra le modificazioni che subisce negli uccelli. Nella seconda parte descrive particolarmente l'apparato locomotore degli uccelli e lo confronta con quello dei mammiferi, e dei rettili; espone le modificazioni presentate dai diversi ordini dei volatili, e cerca principalmente di dimostrare come quelle modificazioni corrispondano bene ai vari modi di locomozione aerea, terrestre, aquatica. Nella terza parte, per le analogie che uniscono gli uccelli agli altri vertebrati, e pei suoi studî anatomici enuncia il concetto di un tipo ideale dell'apparato locomotore degli uccelli.

Egli si accorda con Stefano Geoffroy nell'asserire che la classe degli uccelli, per quante sieno le rassomiglianze che

1) *Archives néerlandaises*. 1869.

la avvicinano alle altre classi dei vertebrati, forma tuttavia un tipo a parte assolutamente distinto e nettamente definito.

" Ma le stesse qualità non sono date a tutti, e l'unità, la costanza del tipo negli uccelli, non toglie l'esistenza delle molte e ben definite varietà.„

Nel volo Alix studia innanzi tutto la teoria meccanica, poi esamina come gli organismi degli uccelli la soddisfacciano, e ne mostra il lavorio meravigliosissimo. In fine egli discorre delle disposizioni accessorie che giovano più o meno al volo, considerandole sia nel riposo come nel moto.

Distingue il volo in remigante e veliero, come parecchi altri, quantunque faccia risaltare la grande differenza che passa tra i movimenti e l'effetto del remo, con quelli dell'ala, che si dice remigante; dimostra poi che il volo veliero non è che una specie di volo remigante.

Dalla teoria meccanica del volo conclude, che è sempre necessario l'esercizio delle due ali.

Ragiona quindi dei movimenti necessari al volo diretto verticalmente od obliquamente in alto; dice come l'uccello deve muoversi per seguire una linea orizzontale, od una linea diretta obliquamente al basso, e come può discender verticalmente. Parla quindi dei movimenti di deviazione e de' movimenti necessari all'uccello per posare i piedi su corpo solido. E da questo studio ognuno s'accorge che l'esercizio delle membra dell'animale nel volo è molto complicato. Di ammirabilissima perfezione sono poi i movimenti coi quali l'uccello utilizza la resistenza dell'aria: egli rimette le sue membra all'azione efficace del volo col minimo dispendio di quella forza che lo sostiene e lo dirige nell'aria, senza mai scemare sensibilmente gli effetti al moto conse-

falangi, scorre entro gli omeri; nelle membra posteriori scorre pei femori: v'è aria intorno alle articolazioni, intorno ai tendini, fra certi spazî intramuscolari, negli spazî sotto-cutanei. Le penne contengono pur esse dell'aria nelle loro canne, ma questa non viene dall'interno del corpo.,,

"L'aria che è contenuta nelle ossa del cranio vi arriva dalla cavità del timpano, che ha solo comunicazione con la faringe. Tutte le altre cavità aeree formano un insieme, un tutto, che è in relazione con i polmoni e la trachea con l'intermediario delle grandi vescicole toraciche ed addominali, e rimane sotto l'influenza dei movimenti respiratorî.,,

"La quantità d'aria accumulata in queste cavità è variabile; e poichè l'uccello varia facilmente l'ampiezza de'suoi movimenti respiratorî, così la può graduare a sua voglia. Ne raccoglierà maggior copia facendo delle grandi inspirazioni e delle minori espirazioni; la diminuirà facendo prevalere l'espirazione all'inspirazione. Fabricio d'Aquapendente, e più tardi Barthez hanno detto benissimo che la laringe anteriore, chiudendosi nel mentre si fa l'espirazione, impedisce l'uscita dell'aria, che si trova compressa negli spazî interni. Lo stesso fatto può avvenire per l'applicazione della lingua contro l'orificio posteriore delle fosse nasali. L'uccello per tal modo soffia l'aria in tutto il suo corpo. Quest'aria così accumulata si riscalda, come disse Cramper, e serve a render l'uccello men pesante. Soffiata nelle ali distese essa ne aumenta la rigidezza; distendendo fortemente le vescicole ausiliarie nel momento che precede il colpo delle ali, essa contribuisce a render il colpo più energico.,,

Ricordiamo che un tale apparato aereostatico non è necessario al volo, e per vero furono riscontrati alcuni uccelli

che ne sono privi; nè per le ossa dei pipistrelli scorre l'aria soffiata dai polmoni.

In Francia oltre agli Autori citati altri pur si conoscono pei loro studî sul volo degli animali, e nell'*Aéronaute, bulletin mensuel de la Navigation aérienne,* sono riportate le ricerche dei signori Hauvel, Pénaud, Croce-Spinelli, Hureau de Villeuneve. — A Lione poi vi è una società col titolo: *Société d'aviation,* ed il suo segretario M. Domek ha publicato una interessantissima Memoria che ha per titolo: *Notice sur l'aviation et la navigation aérienne au moyen d'appareils plus lourds que l'air.*

In Inghilterra nel principio di questo secolo scrisse sul volo degli uccelli Sir George Calley allo scopo di illustrare il problema della navigazione aerea con mezzi meccanici; egli indirizzò gli studî di molti altri ingegneri, de'quali quella nazione va superba, e le loro ricerche si leggono principalmente negli *Annual Riports of the Aëronautical Society of Great Britain.* Il presidente di quella Società, che è il duca d'Argyll, publicò egli pure una teoria sul volo degli uccelli. — Eminenti in tali studî or sono i professori Bishop e Bell Pettigrew.

Bishop calcolò la forza muscolare spesa dall'uccello nel volo considerando ben 12 elementi che valgono a determinarla. Egli dice che la rondinella, cadendo lungo una linea di 7 metri al secondo, dovrebbe, per mantenersi nello stesso luogo, far 15 battute d'ala nello stesso tempo, epperò spenderebbe durante un secondo quella forza che è capace di innalzarla a 28 metri.

Gli studî di M. I. Bell Pettigrew, prof. dell'università di Edimburgo, publicati successivamente dal 1871 in poi nelle

Transactions of the Royal society of Edinburg, vennero raccolti in un libro edito in Francia sotto il titolo: *La locomotion chez les animaux.*[1] — Egli svolge ed afferma le proposizioni che seguono:

I bipedi, i quadrupedi camminano, i pesci nuotano, gli insetti, i pipistrelli, gli uccelli volano facendo de' movimenti in forma di 8.

I piedi palmati dell'orso marino, l'ala natatoria del pinguino[2], l'ala dell'insetto, della nottola e dell'uccello hanno la struttura delle viti, e somigliano alle ali degli elici propulsori comunemente usati.

E questi organi s'insinuano come viti nei loro torcimenti e storcimenti, e rotazioni intorno all'asse di loro lunghezza.

Essi hanno un'azione reciproca, ed invertono i loro piani più o meno completamente a ciascun colpo.

Le punte delle ali descrivono figure simili alla cifra dell'8, allorquando l'animale volante è artificialmente tenuto nello stesso luogo.

Avanzandosi il volatile con una grande velocità in direzione orizzontale, le sue ali descrivono delle *curve a ricci o ad onde*, poichè l'8 si apre e si svolge.

E le ali funzionano come cervo-volante quando l'uccello sale o scende.

Discorrendo degli animali che si muovono nell'aqua dice:

"L'orso marino tiene le estremità anteriori così sviluppate, che gli permettono pur di camminare bene su terra;

---

1) Libraire Germer Baillière, Paris 1874.

2) È un uccello di mare colle ali così corte che non può volare; ma servono ad esso per nuotare sotto e sopra aqua.

gli arti posteriori si muovono solamente per mantenere, correggere e cangiare la direzione del moto. Quelle estremità anteriori sono inoltre piatte e rassomigliano assai ad ali, particolarmente poi a quelle de' pinguini, che sono rudimentali. Esse hanno quindi il margine inferiore ben sodo e comparativamente molto sottile. Hanno una struttura a forma di vite, ed allorquando s'innalzano o si abbassano nell'aqua, si torcono e si storcono a guisa d'elica, precisamente come fanno le pinne e le code dei pesci, della balena, del dugongo, del lamantino.,,

" Quell'orso marino, che ebbi ad osservare più volte nel giardino zoologico di Londra, sembra volare nell'aqua: tutte le giunture che uniscono le braccia alle spalle gli permettono con le lor torsioni e rotazioni parziali di presentare la palma, cioè il piatto della mano, contro aqua per un istante; l'orlo, ossia la parte stretta, nell'istante seguente.,,

" I piedi, che sono pur palmati, si avanzano alternativamente, e la torsione, il movimento elicoidale eseguito, molto si rassomiglia a quello delle pinne pettorali de' pesci. Si può notare che la torsione o movimento spirale delle estremità anteriori è così attuato che utilizza l'effetto utile dell'aqua nel miglior modo possibile: l'azione graduata si svolge poi con una sorprendente facilità e col minimo dispendio di forza. Di fatto, il movimento insinuante dell'elica è il solo che possa applicarsi con successo all'elemento liquido; e a me sembra che questa osservazione valga ancor più per l'aria.,,

Dice infine:

" Dalle ricerche e dalle esperienze, esaminate partitamente in questo volume, si conclude ad una rimarchevole analogia tra il cammino, il nuoto ed il volo. E pare che i movimenti

della coda de'pesci, delle ali dell'insetto, della nottola e dell'uccello possano essere imitati e riprodotti. Queste considerazioni devono inspirare fiducia agli studiosi della locomozione aerea. La terra e l'aqua sono già state soggiogate con successo. I regni dell'aria non sono ancor conquistati. Essi sono pur tanto vasti e importanti, quanto le più grandi vie dei popoli; e la scienza, la civiltà domandano la loro conquista. La storia del progresso ne' meccanismi ci fa credere che i campi eterei saranno un giorno solcati da una macchina imaginata e costruita dal genio umano. Per costrurre con successo una macchina volante, non è necessario di riprodurre l'ala reticolata dell'insetto, l'ala delicata del pipistrello, l'ala complicatissima dell'uccello, in cui si può dire ciascuna penna compia una funzione particolare; nè egli è pur necessario di riprodurre la complicazione della macchina che muove le ali della nottola, dell'uccello o dell'insetto; ma ciò che abbisogna si è l'applicazione ad un meccanismo delle proprietà, della forma, dell'estensione e del modo di operare delle superficie volanti, compito che fu tentato, quantunque imperfettamente, come si vede dalle pagine precedenti.„

"Allorquando Vivian e Trevithick imaginarono la locomotiva, Symington e Bell il battello a vapore, essi non cercarono di riprodurre un quadrupede od un pesce; ma bensì hanno cercato di produrre un movimento adatto alla terra o all'aqua, in accordo colle leggi naturali, e co' modelli viventi. I loro successi possono misurarsi dall'inestricabile labirinto delle strade ferrate che si estendono dall'uno all'altro capo del mondo incivilito, e dai navigatori che senza scomporsi co' loro bastimenti vanno sui mari i più burrascosi, anche ne' tempi i più inclementi.„

"L'aereonauta ha un compito simile, ma più difficile ad attuarsi. Cercando egli di costruire una macchina volante, non vuole una cosa necessariamente impossibile. Gli sciami senza numero d'animali volanti gli attestano che una tale impresa è possibile, e la natura gli fornisce i modelli ed i materiali. Se non si potesse conseguire il volo artificiale, gli insetti, le nottole, gli uccelli presenterebbero i soli esempî di animali, de' quali non possonsi riprodurre i movimenti.,,

"La storia, l'analogia, l'osservazione e la esperienza si oppongono a coloro che credono impossibile all'uomo il dominio dell'aria. I successi della locomozione terrestre e della aquatica sono caparra del successo della macchina volante. Se le difficoltà a superare sono numerosissime, il trionfo e la ricompensa saranno proporzionati. Egli è impossibile di predire il beneficio che porterà agli uomini una tale invenzione. Fra i numerosi problemi meccanici proposti in quest'epoca non ve n'ha forse alcuno di così grande come la navigazione aerea. Non bisogna considerare le prove fallite come precursori di future disfatte, poichè egli è soltanto in questi ultimi anni, che l'argomento del volo artificiale è stato ripreso con uno spirito veramente scientifico. In un periodo relativamente breve si raccolsero moltissimi dati. E poichè in Inghilterra, in America, in Francia ed in altri paesi si sono costituite delle società pel progresso dell'aereonautica, abbiamo buona ragione a credere che le nostre cognizioni in questo ramo, il più difficile della scienza, andranno crescendo fino a che si abbia la soluzione del complicato problema. Se spunterà un tal giorno, non è una esagerazione il dire, che esso inaugurerà una nuova êra nella storia dell'umanità, e che per quanto grandi sieno

stati fino ad ora i destini della nostra famiglia, essi saranno offuscati dalla grandezza e dalla magnificenza di quelli che seguiranno all'invenzione dell'aeronautica.,,

Nella Germania in questo secolo scrissero sul volo degli uccelli: Schranck, *Vom Fluge der Vögel* (1801); Tiedemann *Anatomie und Naturgeschichte der Vögel* (Heidelberg 1810), e Prechlt nel suo libro, *Untersuchungen über den Flug der Vögel* (Wien, 1846), più degli altri si distingue pel profondo ed esteso studio anatomico degli uccelli, e poi ad esso accoppia la matematica determinazione delle funzioni meccaniche dell'organismo nella locomozione aerea. Con una equazione integrale determina il centro di resistenza dell'uccello nel volo, e così sottopone ad analisi matematica i suoi spostamenti rispetto al centro di gravità del corpo. Quelle formule per vero non mi sembrano sempre giustamente istituite, e di fatto alcune d'esse tradotte in numeri non s'accordano punto con le esperienze d'altri scienziati; così, egli ritiene che la forza muscolare degli augelli non sia maggiore di quella degli altri animali. È però un'opera meritevole di lungo studio e buona critica, alla quale io mi proverò in una memoria speciale, se altri di quel lavoro non si occuperanno — Ora poi i tedeschi sono rimasti indietro come noi italiani dopo il Borelli e lo Spallanzani.

Per compiere la rivista degli studî sul volo degli uccelli devo ancora aggiungere due considerazioni fra le più spropositate, le quali, emesse da uomini eminenti, furono poi ripetute come verità da molti.

Navier all'*Académie de France* disse:

1. Che la quantità d'azione sviluppata da un uccello in un secondo è eguale a quella che sarebbe necessaria per

inoalzare il suo proprio peso ad 8 metri in quel tempo, supposte in media 24 battute d'ala ad ogni secondo.

2. Che la quantità di azione che l'uccello sviluppa in un secondo, per acquistare una velocità di 15 metri, è eguale a quella necessaria per innalzare il suo proprio peso a 390 metri, supposte in media 35 battute d'ala in un secondo.

E queste cecità venivano inserite nei *Comptes rendus* senza alcun dubbio!

Seguendo quell'illustre Matematico, l'aquila svilupperebbe una forza di 26 cavalli-vapore, e 17 rondinelle lavorerebbero insieme come un cavallo.

M. Sapey, anatomico e fisiologo, osservò che le penne erano provedute di certe valvulette che permettevano l'entrata dell'aria in un verso impedendone l'uscita dall'altro, e M. Jobard disse quindi che l'aria aspirata e compressa per forza dei muscoli della respirazione, riscaldata dal focolare della combustione interna, e ricacciata nelle ossa, fra la pelle e nelle penne deve sortire per mille piccole valvulette, le quali producendo intorno al corpo una dilazione d'aria, questa favorisce il volo all'uccello. E che l'uscita di que' gas produce una reazione nel corpo del volatile, regolata in modo che lo fa volare.

Abbiamo così compiuto la rassegna degli studi sulla teoria del volo, e da questi ci risulta che fino ad ora i Naturalisti ed i Matematici hanno trascurato due punti interessantissimi, che sono il calore speso nel volo, e gli atti del sentimento fondamentale (istinto) del volatile, che reggono l'equilibrio de'suoi movimenti e lo dirigono nell'aria, come egli sente miglior piacere. Or noi ci proveremo di trattare questi due argomenti.

Per determinare il quanto di una quantità bisogna riferirla ad altra esattamente determinata, in modo che si possa dire: quella è tante volte questa, o tante volte una certa parte di questa, la quale allor si prende come unità di misura. Così ogni peso può esser paragonato all'unità dei pesi, che è comunemente il chilogramma, ed il quanto di ogni lunghezza si determina col metro. Altre quantità poi si determinano dagli effetti che esse producono, i quali fra lor si misurano; così ad esempio, il termometro serve a misurare le quantità di calore acquistate o perdute dai corpi che lo circondano. E poichè si è osservato che il riscaldamento di un corpo dello stesso peso ad uno stesso numero di gradi termometrici richiede sempre una medesima quantità di calore, i fisici hanno convenuto di assumere come unità di calore, che si dice *caloria*, quella quantità che vale a riscaldare un chilogramma d'aqua da zero gradi ad un grado centigrado.

La misura di quella *forza in azione* valse quindi alla misura della stessa *forza in tensione*, di cui un corpo è capace. Così diciamo che la capacità calorifica di un chilogramma di carbone è di 7000 calorie, perchè combinandosi coll'ossigeno dell'aria, nel fenomeno della combustione, somministra a 7000 chilogrammi d'aqua tanto calore da innalzarne la temperatura di un grado.

I meccanici nella misura della fatica fatta da un animale, pel movimento di un certo peso, dovettero considerare tre elementi che la determinano, e sono la resistenza opposta dal corpo che si deve muovere, lo spazio che percorre messo in movimento, ed il tempo che si impiega a fargli percorrere quello spazio. Venne quindi stabilita *l'unità del lavoro*, ed

è la forza (la fatica) necessaria a sollevare un chilogrammo verticalmente per un metro; questa unità di lavoro si dice *chilogrammetro*. Il *cavallo-vapore* è il lavoro che corrisponde all'innalzamento verticale per un metro di un peso di 75 chilogrammi nel tempo di un secondo, ed è lo stesso lavoro come se in un secondo s'innalzasse verticalmente per 75 metri il peso di un chilogrammo. E di fatto il lavoro di una macchina si misura in chilogrammetri, moltiplicando i chilogrammi, che essa solleverebbe in alto, pei metri percorsi in linea verticale, nel tempo di un secondo.

Dallo studio delle relazioni che hanno fra di loro i fenomeni della fisica si venne a concludere che una sola è la forza che li produce, poichè essa muta il fenomeno quando sia condotta ad operare diversamente. Vi sono degli apparati così ben costruiti, che la forza sviluppata da alcuni corpi, che insieme si combinano, si manifesta come vuolsi in uno dei tre fenomeni fondamentali, che sono del calore, della luce, dell'elettricità[1]. E questa stessa forza, diretta convenientemente su altri corpi, li sottopone ad azioni chimiche, le quali riproducono que' tre fenomeni.

Quì non esporrò pienamente il concetto della *forza* in genere, che penso sia l'effetto della legge del *volere* dell'**Essere**; ma dirò che il calore puossi ritenere come l'effetto di quella legge che regola le distanze rispettive delle molecole di un corpo. Quanto più si aumenta il calore di un corpo, tanto più le sue molecole tendono a disgiungersi, a discostarsi le une dalle altre, assumendo ciascuna di esse

1) Ampère dimostrò che il magnetismo è una modificazione dell'elettricità, ed altri Fisici così credono.

un'attitudine speciale, percui ognuna richiede una certa sfera d'azione. Epperò il calore si mostra come una sorgente di movimento delle molecole del corpo: ed in vero, esse si disgiungono tanto che il corpo dallo stato solido passa allo stato liquido, e poi tanto si discostano che dallo stato liquido passa allo stato gasoso. Ed i gas si dilatano indefinitamente aumentandosi in essi la quantità di calore. Se quei gas si tengono chiusi in un recipiente, si scorge che come non possono dilatarsi, quanto più si riscaldano tanto più fortemente premono le pareti del vaso. E se quel vaso tiene un collo lunghissimo, calibrato in modo che vi scorra dolcemente uno stantuffo a tenuta d'aria, quella pressione puossi misurare caricando esso stantuffo successivamente di quei pesi che eguagliano la spinta, verso all'infuori, fatta dal gas. Se si lascierà scorrere lo stantuffo, caricato di un dato peso, lungo il collo, notando il tempo che impiega in una data corsa, si avrà modo di calcolare il lavoro di cui è capace quel gas portato a diverse temperature. Osservando poi le variazioni della temperatura del gas si troverà, che ad ogni lavoro succede un abbassamento di temperatura, epperò si conclude che esiste un dispendio di calorico corrispondente ad ogni lavoro. E se un gas contenuto in un recipiente, in esso si comprime mediante un certo lavoro, applicando, ad esempio, una forza sul piatto esterno dello stantuffo che scorre entro il lungo collo di quel vaso, si osserva tanto aumento di calore nel gas quanto viene a scemare dopo la compressione, rimettendosi quel fluido nello spazio che occupava prima di venire compresso. Per questi fatti e per molti altri simili i fisici si sono accertati di una costante relazione tra il calore ed il lavoro meccanico, ed affermarono che una caloria

si può tradurre in 425 chilogrammetri, cioè che il calore necessario a riscaldare un chilogramma d'aqua da zero gradi ad un grado centigrado è capace, adoperato convenientemente, di sollevare un peso di 425 chilogrammi all'altezza di un metro. E viceversa, un lavoro di 425 chilogrammetri si può tradurre in una caloria[1].

La *teorica* della equivalenza del calore col lavoro, che è una delle più belle conquiste della scienza moderna, si dice *termodinamica*. Sadi-Carnot pare l'abbia prevista, R. Mayer la formulò nettamente, Joule la illustrò con splendidissime esperienze[2].

Venne inoltre verificato che se una macchina a vapore, per esempio, manifesta soltanto un lavoro effettivo del dodici per cento delle calorie sviluppate dal combustibile, le rimanenti sono consumate dai movimenti molecolari degli organi della macchina, dagli attriti e dai movimenti dei corpi circostanti. Invece la totalità del lavoro effettuato da una macchina può tradursi nelle sue equivalenti calorie.

Dobbiamo notare ancora che il corpo pur bruciandosi non arriva quasi mai ad ossidarsi interamente, epperò esso non mette in azione la totalità della forza che conteneva in tensione. Così un chilogrammo di carbone della migliore qualitá, bruciandosi senz'altre cure che quelle comuni, non svilupperà più di 5000 calorie invece di 7000.

La grandissima importanza della termodinamica occupò

1) M. Regnault sperimentando la velocità del' suono e le perdite di forza dei gas per l'ingrandimento dello spazio che li contiene avrebbe trovato esser 439 il numero dei chilogrammetri che equivalgono ad una caloria.

2) J. Clerk Maxwell, *Theory of Heat, third edition*, London 1872.

in essi[1], e moltiplicando quella resistenza per la lunghezza dello spazio percorso, ebbi un secondo lavoro che doveva fare quell'uccello nella traversata, e per questo pur calcolai le equivalenti calorie. E le due spese di calore avrebbero dovuto render cenere il corpo di quell'uccelletto[2]; ma invece esso non soffre alcuna infiammazione dei visceri, nè cibandosi per via consuma sensibilmente le sue carni. Bisogna dunque che quel lavoro nel volo sia somministrato da qualche altra sorgente che non è quella della macchina volante, e questo viene appunto effettuato dalle correnti e dalle ondulazioni dell'aria.

Il calcolo del lavoro che dovrebbe fare quella rondinella senza l'aiuto delle correnti aeree per mantenersi nello stesso piano orizzontale, percorrendo nel detto modo metri 0,98 nella verticale ad ogni secondo, pesando essa grammi 15, è di chilogrammetri 0,0147. Per muoversi in quel piano orizzontale con la velocità di 10 metri al secondo, essa incontra una resistenza per l'aria di chilogrammi 0,0155, epperò in quel tempo deve fare l'altro lavoro di chilogrammetri 0,155. Il lavoro totale per ogni secondo è dunque di chilogrammetri 0,1697; quindi deve spendere 0,0004 calorie. Nella traversata del Mediterraneo impiega prossimamente 50'000 secondi, epperò spenderà 20 calorie. Ed il corpo dell'uccello se venisse bruciato interamente con tutte le cure dell'arte non darebbe più di 50 calorie.

De Lucy crede che l'uccello tipo d'ogni specie del peso

---

1) Poncelet. *Introduction à la mécanique industrielle.* Troisième édition, Paris 1870.

2) Un chilogramma di bove magro dà 5313 calorie (Frankland).

di un chilogrammo nel volo dovrebbe sviluppare un lavoro di 1 ad 1,5 chilogrammetri per secondo. Wenham, in una lettura fatta alla Società d'aereonautica di Londra, disse che il pellicano che pesa 8 chilogrammi sviluppa nel volo 7 od 8 chilogrammetri di lavoro ad ogni secondo. E ben sappiamo che l'uomo, del peso medio di 70 chilogrammi, non può fornire un lavoro continuo di 7 od 8 chilogrammetri al secondo. Il lavoro dell'uomo sarebbe dunque un decimo di quello effettuato da un uccello di egual peso. Non è poi difficile provare che le macchine sieno a vapore d'aqua o ad etere, a gas d'acido carbonico o ammoniaco liquefatti, sieno elettro-magnetiche o ad aria compressa, a polvere infiammabile o a cotone fulminante, con ciò che abbisognano, paragonate in pesi eguali a quello della macchina umana, fanno un lavoro ancor minore di quello fatto da un uomo.

I Filosofi dicono: "l'animale è un soggetto che sentendo opera„. L'azione di quell'essere suppone adunque un sentimento, e per vero se esso non sente alcuna cosa non è un animale, è un corpo morto. Ogni sentimento poi è piacevole all'animale che lo prova se favorisce lo svolgimento della sua natura, se è contrario gli riesce dispiacevole; quindi se è piacevole emette quegli atti che valgono a conservarlo e a meglio goderne, se è dispiacevole si dispone a quella attitudine che gli fa scemare il dolore. Se ciò non si ammettesse si avrebbe un sentimento che sentendosi meglio con certi atti da questi rifugge, il che è assurdo. Il sentimento speciale di ogni essere animato è ciò che si dice *istinto.*

Dalla osservazione e dalla meditazione filosofiche abbiamo che ogni corpo ha il suo essere da una essenza che lo informa, che è sempre la stessa in qualunque parte del corpo,

onde dell'aria la maggior parte del lavoro al suo volo: le batterà in ogni circostanza con quelle torsioni e distorsioni che sono le meno laboriose e le più utili, e le batterà soltanto in quegli istanti in cui esso sente mancargli lo stato piacevole che lo dirige come è il suo miglior benessere: e quella sua tendenza può venir modificata dalle correnti del vento come da altre circostanze che gli facciano sentire un complesso di sensazioni più piacevoli di quelle per le quali era mosso nell'istante antecedente.

Per verificare la delicatezza dell'istinto che regge il volo degli animali, si ripeta l'esperienza del celebre Spallanzani fatta con le nottole. Nel mezzo di una camera abbastanza grande si tenda una rete a maglie tanto larghe quanto sono le ali distese di un pipistrello, e preso uno di questi animali lo si acciechi, e lo si faccia volare entro a quella camera in tutte le direzioni; si vedrà, che esso volando mai urterà i muri, nè il soffitto, e se sarà costretto ad attraversare la rete, passerà sempre fra le maglie senza toccare alcun filo. Si concluderà quindi, che le oscillazioni dell'aria prodotte da quei fili vengono sentite dal sistema nervoso del pipistrello, e gli atti successivi del suo sentimento sono tali, che determinano il movimento delle sue ali in modo, che la direzione del volo coincide con la direzione della retta normale nel centro di una superficie, i cui lati saranno i fili di una delle maglie; precisamente si porterà lungo quella normale che da esso sarà meglio sentita per la prima, e secondo quella precipiterà il volo. — Ognun ben sa che i pipistrelli volano entro ad oscurissime caverne senza mai urtarsi, nè mai urtano alcuna delle roccie o delle stalattiti pendenti dalla vôlta. I cacciatori sanno quant'è difficile colpire un pipistrello che vola;

l'aria urtata dalle palle fa ad esso immediatamente scansare il micidiale colpo.

E l'uomo che credesse poter volare con una macchina, nel suo complesso più pesante dell'aria, non avendo egli l'istinto del volo, nè potendo comunicare o far sentire alla macchina quei movimenti subitanei che la disporrebbe come i volatili sulle correnti e sulle onde dell'atmosfera che giovano al volo, sarebbe costretto di sostenersi in alto per la sola forza sviluppata da' suoi meccanismi. Ma ben sappiamo che la forza dell'uomo non è più di un decimo di quella di ogni volatile, considerati i pesi dei loro corpi, e sappiamo che fino ad ora non si è costruita alcuna macchina che pesando quanto l'uomo, ed essendo proveduta di combustibile capace di tante calorie quante sono quelle del cibo mangiato, produca poi un lavoro maggior di quello dell'uomo; epperò egli non volerà con tali meccanismi. E deve ancor pensare che qualsivoglia nuova macchina avrà sempre de' gravissimi attriti, e che le articolazioni devono ungersi di tratto in tratto. Le macchine animali invece non soffrono attriti, e l'unto fra le giunture da natura vien dato continuamente in giusta misura.

Ma poniamo pure che l'uomo s'innalzi nell'atmosfera per la resistenza che opporrà l'aria ad ali ingegnosissime, ben congegnate ad una nuova macchina potentissima. Egli per mantenersi ad una certa altezza dovrà regolare i movimenti, in modo che il loro effetto, per esempio, in un decimo di secondo, sia eguale ed esattamente contrario a quello che produrrebbe la gravità in tutto il corpo volante; poichè, se in qualche minuto è alcun poco minore, esso comincierà a ridiscendere, ed in brevi istanti, il moto facendosi accelerato, com'è legge di natura, acquisterà una così grande velocità,

che ogni lavoro della macchina per volare in alto sarebbe inferiore al lavoro ingenerato dalla gravità ; ed il corpo cadrà a terra come corpo morto cade. Se il movimento avviene in ogni decimo di secondo in modo da superare nell'ascesa la discesa che farebbe tutto il sistema volante per la gravità, essa macchina continuerà a salire finchè le sue membrature incontreranno una resistenza per cagion degli attriti, e le ali una resistenza per l'aria, che daranno un lavoro, insieme a quello delle gravità, per l'ascensione e la discesa, in giusta eguaglianza. Ma in alto la densità dell'aria va scemando, e le ali vanno quindi sempre più velocemente, e se i meccanismi si guasteranno per la crescente forza centrifuga, o per la consumazione dell'unto, il corpo volante come uccello ferito precipiterà inesorabilmente a terra. E se per la diminuita pressione atmosferica l'aria non si riverserà immediatamente sotto le ali della macchina, queste, lavorando nel vuoto, lascieranno il corpo volante soggetto alla gravità, che tende ad ingoiare ogni corpo che vola, quando fosse più pesante di quant'è un volume d'aria eguale a quello d'esso corpo.

Vi è inoltre un'altra misteriosa potenza che dirige il volo degli animali, simile a quella che dirige l'ago magnetico al polo, simile a quella che nei giorni delle nozze della valisneriana svolge la spirale del peduncolo del fiore femmina affinchè si porti sulla superficie dell'aqua, e stacca con forza dalla pianta del maschio il fiore, che contiene il polline fecondatore, e lo conduce poi al talamo nuziale. La misteriosa potenza che voglio dire è quella che vediamo muover le api dai labirinti dei nostri giardini e guidarle per la più breve via al loro lontanissimo alveare, non veduto lungo il viaggio, nè rimanendone tracciato il volo. I piccioni viaggiatori tra-

sportati tanto lontano dalle loro piccionaje, che la curvatura della terra ne toglieva la vista anche dall'alto, dopo alcune oscillazioni, come farebbe un ago magnetico, si diressero direttamente alla loro casa, e allorchè arrivarono alla città di lor dimora, furono già senza incertezze sulla via ove doveano fermarsi.

E l'uomo che volasse con una macchina dovrebbe ad ogni minuto studiare la via che deve percorrere, e se per le osservazioni de' luoghi trascurasse in alcuni istanti i meccanismi, questi, essendo più pesanti dell'aria, potranno discendere; ed in pochi secondi egli sarà perduto, poichè il moto di discesa si fa sempre più accelerato.

La grandissima difficoltà di poggiare a terra, scemando a tempo e adequatamente la velocità acquistata in modo che il corpo non abbia a ricevere alcun urto, non fu, ch'io sappia, notata da alcuno; quantunque si conoscano più fatti di uccelli che volando contro una parete di vetro, non veduta in distanza, abbiano dato un urto tanto forte da rompere il vetro e da schiacciare le loro ossa. Questa considerazione dovrebbe spaventare il ricercatore di meccanismi pel volo nel loro complesso più pesanti dell'aria, poichè se egli non saprà bene rallentare adequatamente la macchina, meglio de' conduttori delle locomotive sulle vie ferrate, urterà il suolo fracassando orribilmente ogni cosa. Si veggano li augelli come muovono le ali e le gambe prima di poggiarsi su di un ramo.

E l'uomo che vola con una macchina più pesante dell'aria potrà egli muoversi in essa? No certamente, poichè ogni spostamento del centro di gravità del sistema porterebbe, per la grande mobilità dell'aria, un cambiamento d'inclinazione orizzontale de' suoi piani mille volte più facilmente di quanto

Nel primo secolo dell'èra cristiana il famoso mago Simeone di Samaria venuto a Roma per mostrare la potenza de' suoi prodigi, annunciò al publico che sarebbe volato in aria. Ma essendosi slanciato dall'alto di una torre, cadde a terra precipitosamente e si ruppe le gambe. Egli avea detto che se gli avessero anche recisa la testa sarebbe risorto dopo tre giorni. Nerone lo prese in parola, e lo fece decapitare.

Sotto il regno dell'imperatore Emanuele Commeno si racconta " che un saraceno [1], il quale passava per mago, e che poi fu riconosciuto per un pazzo, ascese sulla torre dell'Ippodromo. Quest'impostore si vantava che egli avrebbe traversato, volando, tutto il circo. Egli era in piedi, vestito con camice bianco, molto lungo e largo, le cui falde, rialzate da alcuni vinchi, dovevano servirgli da vela per ricevere il vento. Ognuno aveva gli occhi fissi su lui, e tutti gridavano: ***Vola, vola, o Saraceno, e non tenerci tanto incerti, fino a che pesi il vento***. L'imperatore, che era presente, voleva distoglierlo da quella vana e pericolosa impresa. Il sultano de' turchi, che visitava in quel tempo la corte di Costantinopoli, e che si trovava egli pure presente alla esperienza, era incerto tra il timore e la speranza; desiderava da un lato che riuscisse, temeva dall'altro che perisse vergognosamente. Il saraceno distendea alcuna volta le braccia per ricevere il vento; in fine, allorquando lo credette favorevole, s'innalzò nell'aria come un uccello; ma il suo volo fu così sfortunato come quello d'Icaro, poichè il peso del suo corpo nel tirarlo al basso avea più forza di quella che aveano le sue ali artificiose

---

1) *Histoire de Costantinople*, par M. Cousin, citata nell'*Essai sur l'art du vol*. Paris, 1784.

per sostenerlo in alto. Cadendo si ruppe le ossa, e tale si fu la sua disgrazia, che non ne ebbe compatimento. „

In Inghilterra nel 1060 il monaco benedettino Olivero di Malmesbury costruì delle ali che si congegnò poi alle braccia ed alle gambe; ma allorquando volle slanciarsi dall'alto di una torre per volare con esse, cadde precipitosamente a terra, si ruppe le gambe, ed ebbe di poi una vita dolorosa.

Nel 1250 il celebre monaco Ruggero Bacone nel suo libro *De secretis operibus artis et naturae,* disse: " Che si possono costruire delle macchine per volare, nelle quali l'uomo, essendo seduto o sospeso al centro, girerebbe una certa manovella la quale mettendo in movimento delle ali, queste, come quelle degli uccelli, battendo l'aria farebbero che l'uomo volasse. „ Il progetto di Bacone, dopo la sua morte, fu tentato da più meccanici, ed alcuni riuscirono dalle prove malconci, altri perdettero la vita.

Verso la fine del XV. secolo Giovanni Battista Dante, celebre matematico perugino, costrusse delle ali meccaniche, ed avendole bene adattate al suo corpo potè volare, e si dice abbia traversato il lago Trasimeno. Ma le sue esperienze ebbero una triste fine. Nel giorno della celebrazione del matrimonio di Bartolomeo d'Alviana, Dante volle dare lo spettacolo di una ascensione. " Egli s'innalzò nell'aria; ma il ferro col quale dirigeva una delle ali si ruppe, e cadde sul tetto della chiesa di San Mauro, e si fracassò una coscia. „ [1] Fu poi professore di matematica agli stipendî della republica di Venezia.

In Germania il famoso Regiomontano avrebbe saputo così

1) L'abbé Mongez. *Mémoire sur le vol aérien.*

bene costruire un'aquila artificiale, che a Norimberga andò ad incontrare l'imperatore Carlo V., e lo accompagnò volando fino al suo palazzo. Ma raccontasi pure nel Corano che molti arabi abbiano udito Maometto comandare alla luna di avvicinarsi a terra, e l'abbiano veduta tanto docile che arrivata vicino al profeta si fece in due per passare entro alle maniche della sua tonaca, ed uscita per di dietro volò di nuovo in cielo.

Nel XVII. secolo il tedesco Hook per volare con ali artificiose si sconquassò i visceri, e morì dopo breve tempo.

Il Libri[1] dice che: " Leonardo da Vinci studiò per molto tempo il volo degli uccelli, e queste ricerche egli faceva per vedere se era possibile all'uomo di volare. ,, Nella biblioteca Ambrosiana e nel museo di Valenciennes si ammirano i numerosi disegni dello studio ch'egli fece per la costruzione di macchine volanti. Con l'aiuto di questi disegni possiamo seguire la successione de'suoi concetti. Partendo da mistiche idee egli disegnava degli esseri analoghi a genî, poichè portano sulla testa una fiamma accanto ad una croce latina. Essi non hanno le ali anti-fisiologiche degli angeli; ma braccia armate di lunghe dita, fra le quali si distendono le ali membranose, che sono pure in alcuni schizzi congiunte alle articolazioni dei piedi. Abbandona poi ogni idea mistica e comincia uno studio veramente meccanico de' movimenti delle ali, e fra queste fissa le sue considerazioni sull'organismo di quelle de' pipistrelli, e disegna quelle dita meccaniche, che ben dovrebbero aprire e chiuder l'ala e cerca modo che braccia e piedi lavorino nel volo, poichè questi con certe puleggie avrebbero dovuto aprire e chiudere le

1) *Histoire de sciences mathématique en Italie.* Paris, 1840.

falangi delle dita artificiose. Ma tutti questi concetti gli sembrano insufficienti al loro fine, poichè cerca in seguito la costruzione di un battello volante, in cui più uomini con certe leve dovevano muoverne le grandissime ali. In fine pare che anche questi ultimi studî lo abbiano sconfortato nella sua impresa di locomozione aerea, perchè di poi più non si occupò di tale argomento.

Non ho detto nel capitolo antecedente degli studî fatti da Leonardo sul volo degli uccelli, quantunque non sieno meno diligenti di quelli di Sir Cayley e dei signori Marey, Bell Pettigrew, Pénaud e Wenham, poichè sembrano fatti appunto per la costruzione delle macchine volanti or descritte.

Il *Journal des savants*, del 13 settembre 1768, così descrive le ali meccaniche del fabbro-ferrajo Le Besnier: " Ciascuna d' esse è formata di quattro intelaiature oblunghe ricoperte di taffetà, e quelle sono attaccate lungo le due estremità di un bastone, ed i bastoni delle due ali si accomodano sulle spalle. Questi telai si piegano come le due facciate di un libro. Quelle sul dinanzi vengono mosse dalle mani, quelle al di dietro dai piedi, che le muovono mediante funicelle legate ad essi intorno.

" L'ordine del movimento è tale, che, quando la mano diritta fa abbassare l' ala diritta del dinanzi, il piede sinistro muove l' ala sinistra del di dietro, poi la mano sinistra ed il piede diritto fanno abbassare l' ala sinistra del dinanzi e la diritta del di dietro ,,.

Quel giornale soggiugne che Le Besnier usò le sue ali con qualche successo, e che un ballerino di corda, il quale ne comperò un pajo dall' inventore, se ne servì felicemente alla fiera di Guibray.

Lo stesso non avvenne ad un certo Bernon, che, a Francoforte, si ruppe il collo [1].

Sotto Luigi XIV. un ballerino di corda, per nome Alard, annunciò che si sarebbe slanciato dalla terrazza del palazzo reale, in S. Germano, e sarebbe volato con ali meccaniche fino al bosco Vésinet; ma appena slanciatosi in aria precipitò a terra.

Nel secolo scorso il marchese De Baqueville, ricco signore, pensò poter volare con enormi ali da lui congegnate così come quelle che dagli artisti sono date agli angeli. Le sue braccia dovevano muoverle. Si slanciò nell'aria dall'alto del suo palazzo, che era situato sulla riva dei Teatini, ora *quai* Voltaire; nei primi istanti il volo pareva felice; ma arrivato sul mezzo della Senna, i suoi movimenti furono incerti, e cadde sopra un battello rompendosi una coscia.

L'autore anonimo del libro ***Essai sur l'art du vol***, Paris 1784, racconta la seguente istoria:

" M. Desforges, canonico di Santa-Croce ad Ètampes, persuaso della possibilità di poter volare, fece una vettura volante. Geloso della sua opera, la considerava non tanto per illustrarsi quanto per farsi ricco. Fece publicare ne' giornali, ch'egli aveva trovato l'arte di volare; ma aggiungeva che non avrebbe esposto la sua macchina perchè essendo molto semplice, facilmente sarebbe stata imitata, nè era giusto che egli perdesse così il frutto della sua opera. In conseguenza, egli proponeva che allorquando l'esperienza avesse coronata del più grande successo la sua vettura volante, gli pagassero cento mila lire, e chiedeva che ne fosse fatto regolare deposito presso un notajo, innanzi l'esperienza.

1) Louis Figuer, *Merveilles de la Science*. Paris, 1868

" Il publico è amantissimo di tali esperienze; ma la somma era così elevata che passò qualche tempo prima che il richiesto deposito fosse fatto. Forse il publico non credendo in un buon successo, non se ne sarà occupato. Allora il canonico Desforges con le gazzette ritornò a divulgare le sue pretese. E poichè vi sono sempre dei veri cittadini che non disprezzano alcuna idea, che sembra avere qualche originalità, e così un indizio di genio, a Lione si formò una società, che depose il danaro in moneta presso un lor notajo, e l'atto del deposito e della ricompensa, nel caso della riuscita, con firme autentiche, fu inviato al canonico, al quale non rimase altra cosa a fare se non l'esperienza. ,,

" Era l'estate del 1772. L'esperienza dovea farsi ad Êtampes; da tutte le parti accorreva la gente. Il canonico si pose nel fatto entro la vettura volante e fece muovere le ali. Ma parve agli spettatori che quanto più egli si faticava nel lavoro tanto più la macchina premesse la terra, quasi volesse sprofondarsi. Questa osservazione sulla pressione indica che la macchina del canonico aveva un movimento contrario a quello che egli avrebbe voluto darvi, e forse avrebbe avuto qualche effetto se avesse cangiato la direzione del movimento delle ali. ,,

Nel 1780 a Parigi M. Blanchard espose il suo battello volante; ma per quante modificazioni vi facesse non potè mai innalzarsi da terra. Egli costruì inoltre un pajo d'ali e le adattò al suo corpo così ingegnosamente che venivano mosse dalle gambe, rimanendo egli verticale; erano come due ombrelle che si chiudevano e si aprivano a vicenda. Per innalzarsi in aria dovette però tirarsi in su mediante un contrappeso di 20 libbre, attaccato ad uno dei capi di una cordi-

cella, che girava intorno ad una carrucola; ma come non potè mai sopprimere quel peso, così non volò mai.

Se vuolsi ripetere l'esperimento di Sir George Cayley, fatto nel 1796, a conferma delle sue teorie, si prendano due tappi di sovero; in ciascuno si piantino a croce quattro lunghe penne dell'ala di un uccello, inclinate come le ali di un mulino a vento, ed in ciascun tappo sieno in direzione opposta a quella che hanno nell'altro. Un sottile bastoncino verrà poi fisso nel centro di uno dei tappi, il quale terrà nel mezzo la parte culminante di un archetto di balena. Il filo che tende quell'archetto s'avvolge poi a doppia spira dalla punta del bastoncino, nella quale s'infigge l'altro tappo. La macchina è così completa. Si carica girando il volante nel verso contrario a quello efficace delle penne, e lasciando poi libero l'istrumento, questo s'innalza in aria per lo svolgimento del filo tirato dall'archetto. Cayley asseriva che se quelle otto penne avessero una superficie di 200 piedi quadrati, mosse similmente da un uomo, lo solleverebbero in aria[1].

"Nel 1821, un bolognese, di professione sartore, per nome Vittorio Sarti, mostrava ai professori dell'università di Bologna, un modello di macchina da lui chiamata *Aereoveliero*, il cui scopo era di sollevarsi e dirigersi nell'aria per proprio impulso. Esso era costruito da due assi concentrici, proveduto ciascuno di un sistema di telai o vele, egualmente inclinate e disposte per modo, che girando i due assi in senso contrario, per virtù di due molle adattate al lor piede, tutto l'apparecchio, attaccato all'un capo di una cordicella, ascendeva più o meno nell'aria, secondo che più o meno grande

1) Nicholson's Journal, 1809.

era un contrappeso pendente dall'altro capo. Il Sarti non s'illudeva sulla difficoltà capitale della sua idea, il motore all'uopo. Le macchine a vapore, se oggi troppo pesanti, tanto più lo erano allora: si accinse perciò a semplificarne l'organismo, e costruì un modello di macchina ad alta pressione ed a rotazione immediata, la quale avrebbe avuto la leggerezza e la potenza che si richiedevano. Finalmente, corredò il modello dell'Aereoveliero di quanto occorreva e pel suo equipaggiamento, e per la sua molteplice manovra. Il 3 aprile 1823 gli stessi professori dell'università si riunirono nella galleria del conte Ulisse Aldovrandi, per vedere e giudicare degli ulteriori progetti del Sarti. Ammirarono altamente lo straordinario suo ingegno: dichiararono affatto nuova ed eccellente la forma del propulsore, che definirono un *sistema circolare di cervi volanti;* trovarono che la macchina a vapore da lui ideata, riuniva in sè i vantaggi di quelle di Trewithick e di Verzy, con maggiore semplicità e sicurezza. Quanto allo scopo che il Sarti si proponeva, espressero il dubbio che lo si potesse ottenere, per la insufficienza della forza motrice rispetto al peso della macchina: riputarono d'altronde inopportuno di mutare un mezzo agevole e già famigliare di ascendere, con altro violento ed inusato, e consigliarono l'autore di applicare il propulsore come unico mezzo alla direzione orizzontale degli aereostati, serbando la macchina così perfezionata per gli usi terrestri. Conclusero augurando al Sarti un ricco Mecenate, coll'aiuto del quale poter continuare i ben incominciati esperimenti. „[1]

1) Conte Almerico da Schio, nella *Gazzetta di Venezia*, 1864, a proposito degli esperimenti di Nadar.

Nel 1842 in Inghilterra M. Philipps attuò le idee di Cayley con un apparato di metallo, che pesava due libbre, proveduto di ciò che era ad esso necessario pel volo. Si componeva di un generatore del vapore, e di quattro palette sostenute da otto braccia. Le palette erano inclinate sull' orizzonte di 20 gradi. Attraverso le braccia sfuggiva il vapore, come avviene nella eolipila di Erone d'Alessandria. L'uscita del vapore faceva girare le palette con una grande velocità, così che il modello s' innalzò a buona altezza, ed attraversò uno spazio di 100 metri senza toccar terra.

Nel 1843 M. Henson imaginò quella macchina volante che dal *Newton's Journal* veniva così descritta: " L'apparato consiste in un carro, che deve contenere le mercanzie, i passeggieri, la macchina motrice, il combustibile, ec. Ad esso è congegnato un telajo rettangolare di legno ricoperto di canavaccio o di seta unta. Questo telajo si estende egualmente dall'una e dall'altra parte del carro, così come le ali di un uccello: ma con la differenza che esso resta *immobile*. Dietro le ali sono due ruote verticali a forma di ventaglio, e risultano formate di palette oblique, le quali sono fatte in modo che devono innalzare l'apparato in aria. Due altre ruote, operando sull'aria come quelle di un molino a vento, dovrebbero servire da propulsori in linea orizzontale. Le quattro ruote con corde e puleggie avrebbero il movimento da una macchina a vapore, o da altro meccanismo situato nel carro. Seguendo l'asse del carro al di dietro è consegnato un telajo triangolare che rassomiglia alla coda di un uccello, coperto pur esso di canavaccio o di seta unta. Questo può distendersi più o meno, lo si abbassa o si innalza, lo si dirige a diritta od a sinistra

come meglio fa bisogno al volo prefisso. La quantità di canavaccio o di seta è due piedi quadrati per ciascuna libbra del peso di tutto il corpo volante.,,

Questo progetto può dirsi il vaneggiamento di un meccanico. — Si racconta però che, nel 1846, Henson insieme a Stringfellow, nel Cremorne Garden a Londra, abbiano fatto volare un simile meccanismo mosso dal vapore.

L'abate Moigno nel suo giornale *Les Mondes*, addì 15 maggio 1863, scriveva: "Una felice circostanza ci fece conoscere M. Gustavo d'Amécourt, archeologo e numismatico distintissimo, pieno d'intelligenza e di ardore ad un fine umanitario; egli prese una bella passione per la locomozione aerea ed un santo orrore pel pallone. Egli vuol creare l'*aéronef*, un naviglio aereo, un apparato nuotatore nell'aria, che s'innalza, procede e si dirige per sua propria forza; un uccello meccanico che vola per virtù propria, però un uccello modificato ad uso dell'uomo, come il cigno fu convertito in *yacht*, in battello a vapore. Fece già costruire una macchina ed una caldaja a vapore in aluminio, dalla quale spera molto: ed è la caldaja formata da un serpentino assai sottile, un centimetro di diametro, e pieno d'aqua viene situato nel centro di un piccolo fornello che contiene del carbone infiammato. Egli spera, che mentre il vapore se ne fugge per l'orificio superiore del serpentino possa imprimere il movimento alle alette dell'elice elevatore, ed a quelle di un secondo elice che serve alla direzione dell'*aéronef*. L'aqua ridata dal vapore dovrebbe discendere per un condensatore situato così che abbia poi a rientrare nel serpentino per l'orificio inferiore; si avrebbe per tal modo una circolazione continua di vapore ed aqua. Egli sperava di mettere l'elice ascendente

in tale velocità da innalzarsi più o meno velocemente, e credeva, rallentandolo, di discendere bene, poichè le alette servirebbero da paracadute.„

La macchina del signor d'Amécourt non s'innalzò mai da terra.

Addì 6 agosto 1863 nel giornale *Les Mondes* si legge: "Martedì passato, abbiamo ricevuto da M. Nadar, con questa postilla autografica: *Bien recommandé an cher ami M. l'abbé Moigno,* l'invito seguente: "Siete pregato di voler assistere alla riunione che avrà luogo giovedì, 10 luglio, ad ott'ore e mezzo p. nel laboratorio fotografico, 35 *boulevard des Capucines*. Questa riunione ha per oggetto: la dimostrazione pratica e definitiva dell'autolocomozione aerea con la soppressione degli aereostati, e con l'impiego degli elici e de' piani inclinati. Le esperienze saranno fatte con 9 modelli diversi di locomobili aeree, che s'innalzeranno automaticamente lottando contro le correnti.„ Noi indovinammo che si trattava dell'*aéreonef* di M. Ponton d'Amécourt, e de' modelli de' quali abbiamo parlato di già nel nostro giornale; ma noi non possiamo restare estranei ad ogni progresso possibile, ci siamo quindi recati al convegno, e ci siamo trovati in buon numero; il laboratorio, o meglio l'anfiteatro di fotografia era letteralmente riempiuto. La seduta ebbe principio con una allocuzione fantastica di Nadar, che slanciò tutti i suoi fulmini contro gli aereostati, e principalmente contro quelli a forma di pesce, ed esaltò gli effetti del *santo elice*, come il più adatto congegno locomotore. Il sig. de la Landelle, il celebre romanziere del mare, cercò di far succedere la dimostrazione alla intuizione; ma, dobbiamo dirlo, poichè sarebbe disonesto l'incoraggiamento a speranze assoluta-

mente vane, l'entusiasmo di Nadar e le affermazioni di M. de la Landelle non hanno dato alcun risultato reale a ciò che non ne aveva, ed i primi saggi del nuovo sistema, fatti innanzi a quel brillante uditorio, non furono che la manifestazione di una impotenza assoluta: egli è impossibile d'imaginare una cosa più scoraggiante.„

Nel giornale *Les Mondes* del 20 agosto 1863 sta scritto: — "Il nostro amico abate Raillard ci indirizzò il reclamo che segue:

"Nel vostro ultimo articolo sulla auto-locomozione, in cui rendete conto delle esperienze di M. Nadar, mi pare che abbiate mancato alla vostra abituale riserva, e che abbiate portato una sentenza di condanna prematura e troppo assoluta contro i progetti di navigazione aerea senza l'ajuto degli aereostati. Poichè io ho delle ragioni personali che m'interessano vivamente di quelle esperienze, voi vorrete permettermi, io lo spero, di non partecipare ai vostri giudizî intorno a quelle prove. Io non le credo assolutamente vane, come voi le dite, e le esperienze che ho veduto come voi non mi sembrano scoraggianti.„

"Sono più di trent'anni ch'io mi sono convinto dell'impossibilità di dirigere gli aereostati in modo utile e pratico, ed ho sempre pensato che per viaggiare nell'aria bisognava abbandonare i palloni, e ricorrere a dei meccanismi forti, leggeri e di piccolo volume. Ecco perchè imaginai certi apparati che potessero innalzarsi da loro stessi nell'aria, e mi sono fissato, or saranno vent'anni, nella costruzione di *due elici l'uno al di sotto dell'altro, con assi concentrici, giranti ne' versi opposti.* Non ebbi poi mai il tempo, nè i mezzi per proseguire quelle esperienze, che feci a Fontanay, vicino

Montbard, in casa di M. Seguin, le quali furono continuate di poi da M. Luquet, cognato di M. Seguin.„

"E poichè tutte le esperienze che furono descritte ed eseguite da M. Nadar non sono che la riproduzione, sotto forma poco diversa, di quelle da me tentate vent'anni scorsi, vi prego, mio caro amico, di voler inserire nella vostra eccellente Rivista il reclamo della mia priorità, qualunque siasi il vostro pensiero sui successi futuri della locomozione aerea senza l'ajuto degli aereostati.„

Addì 15 novembre 1863 l'abate Moigno scriveva nel suo Giornale: "Noi siamo stati grandemente sorpresi ed afflitti leggendo nell'ultima puntata della *Presse scientifique des Deux-Mondes* questa frase segnata da M. I. A. Barral, egli stesso: *M. l'abate Moigno si sforzerà invano di chiudere la via alla navigazione aerea, i nostri figli ne godranno come noi delle strade ferrate, delle quali si diceva pure, quarant'anni or sono, che gli inventori erano pazzi da manicomio.* Ove ha veduto M. Barral che noi volessimo chiudere la via alla navigazione aerea? Abbiamo combattuto e continueremo a combattere, in nome della scienza e del buon senso, soltanto la navigazione aerea senza pallone, quella che M. Barral stesso respinge nel suo primo articolo, la cui impossibilità è matematicamente dimostrata. Egli è di quella soltanto che noi abbiamo detto che volerla realizzare sarebbe ancor più che cercare il moto perpetuo. Certamente tutta la nostra vita è una chiara dimostrazione che noi non abbiamo mai voluto chiudere la via al progresso. Allorquando un deputato, membro dell'Academia delle Scienze, dichiarava dalla tribuna che la telegrafia elettrica sarebbe stata un eterno giuoco da fanciulli, noi difendemmo con tutta la nostra e-

nergia gli inventori M. Wheastone e M. Jacob Brett contro tutti i dubbî ingiusti che a lor si apponevano. Il marchese de Jouffroy, Fulton, Stephenson avrebbero riscontrato in noi i più energici difensori. M. Grimaud, da Caux, che non si accuserà mai di essere un adulatore, non diceva egli di noi nell' *Union*, che la nostra più grande preoccupazione era di non soffocare alcuno de' germi del progresso, e che bisognava che non vi fosse assolutamente nulla nella navigazione aerea senza pallone, solo col santo elice, perchè noi fossimo decisi di combatterla. Ma senza andar tanto per le lunghe, oggi non siamo noi forse l'organo, l'eco, i difensori di M. Giffard e di M. Carmien de Luzé, sui quali poggia l'avvenire dell'aereonautica! Perchè la *Presse Scientifique* non dice una parola del progetto di M. Giffard, che noi pur abbiamo divulgato, e del modello di M. Carmien, che abbiamo descritto? Nulla ci sorprende, e di nulla disperiamo.,,

Nel 1860 il fisico M. Thilorier, che credeva di aver potuto risolvere il problema della locomozione aerea con ali meccaniche mosse mediante l'acido carbonico, che reso liquido doveva esser docile come un agnello, fu trovato morto per l'esplosione degli apparati, nel suo laboratorio, che era situato in piazza Vendôme. Per gli stessi studî altra volta egli aveva perduto due dita ed un orecchio, ed era diventato interamente sordo in seguito ad una violenta esplosione del terribile agente.

In Inghilterra verso la metà di questo secolo il ginnastico Spencer si esercitò per molto tempo al volo con ingegnosissime ali ben adatte al suo corpo; ma non potè mai percorrere uno spazio maggior di 50 metri, poichè spossate le forze e perduto l'equilibrio dei movimenti cadeva a terra.

seduta in alto sopra la macchina misura 5 millimetri. La camera destinata al motore avrebbe il suo piano a 4 metri d'altezza sulla chiglia inferiore; la lunghezza è di 6 metri, la larghezza 10, l'altezza 7; e sarebbe interamente rivestita con lamine di ferro. La macchina a vapore dovrebbe avere la forza di 50 cavalli, 45 per gli elici ascensionali e le ali, e 5 per l'elice di propulsione orizzontale. I recipienti del carbone e dell'aqua scorrendo su guide di ferro verrebbero trasportati ove determinano bene il centro di gravità del sistema per le diverse evoluzioni. E questo enorme uccello meccanico sarebbe anche quadrupede, perchè munito di 4 gambe di legno di 5 metri d'altezza, con paracolpi opportunemente situati [1] per attenuare ogni possibile scossa quando si arriva a terra.

E questi vaneggiamenti sono poi comendati da alcuni ingegneri meccanici dicendosi: " Che tale apparecchio riunisce nel suo complesso molte buone condizioni per la possibilità della locomozione: sufficiente leggerezza perchè gli elici ascensionali possano facilmente produrre il loro effetto, sufficiente resistenza per vincere la resistenza dell'aria senz'esser deformato . . . . . E non vi ha dubbio che una saggia combinazione di tutti questi mezzi può dar luogo a ben utili evoluzioni nell'aria . . . . . Probabilmente la macchina a vapore di 50 cavalli, che l'autore ha bisogno per muovere il suo apparecchio, peserà qualche cosa di più di 35 chilogrammi per cavallo di forza, com'egli suppone, epperò converrà modificare ancora un poco le non grandi dimensioni dell'apparecchio.,,

---

1) Besso, Le grandi invenzioni. — *Journal du Génie Civil, 1871.*

Ma già in Francia vi furono de' celebri matematici e fisici che nell'Academia delle Scienze raccomandarono alla Commissione per gli studî d'aereonautica de' controsensi meccanici simili a quello di M. Curtemanche.

In Italia, sei anni or saranno, un ufficiale dell'esercito aveva congegnato al suo corpo un sistema d'ali, e dall'una sponda del Tanaro ad Alessandria si slanciò nell'aria per attraversare il fiume volando; ma cadde precipitosamente e sconquassò con le ali tutto il suo corpo.

Nell'anno scorso un Belga, M. de Groof, che pretendeva essersi sostenuto nell'aria a 1000 metri da terra, occupando egli il corpo di un uccello meccanico, le cui ali venivano mosse dalle sue braccia, e la coda dalle gambe, in Inghilterra s'innalzò nell'aria legato ad un aereostato; ma scioltasi la fune che lo teneva in alto, precipitò a terra, e rimase vittima del suo errore, o dell'inganno nel quale sapeva di trarre il pubblico che aveva sborsato il danaro per vedere la sua volata.

Darò termine a questo capitolo con la traduzione delle parole di M. Alfonso Pénaud, archivista della Società d'Aereonautica francese, relative alla locomozione aerea con meccanismi nel loro complesso più pesanti dell'aria, le quali furono dette nella seduta del 24 novembre 1874, e sono riportate nel bollettino del febrajo 1875, che viene publicato da quella Società.

"Vi sono molti sistemi di aviazione *(aviation)*; i tre principali sono gli *elicopteri*, gli *aereopiani* e gli *ortopteri*.

"Gli elicopteri si sostengono mediante elici, i cui assi rimangono quasi verticalmente. Il movimento orizzontale nell'aria di questi congegni può ottenersi o mediante gli stessi

elici di sospensione, o mediante altri elici propulsivi speciali. Gli aereopiani sono certe superficie quasi piatte, inclinate all'orizzonte di un piccolo angolo, e vengono spinte orizzontalmente da propulsori che sono, in generale, gli elici. In fine gli ortopteri hanno come organi principali delle superficie che vengono mosse quasi sempre verticalmente ed alternativamente. In questo sistema appunto si comprendono le ali degli uccelli, le pinne e le code de' pesci. „

"Citiamo inoltre i due sistemi inglesi: gli *aereopiani giranti* dei signori Moy e Shill[1] e le *ruote ad ali* del sig. I. Armour.[2] „

"Abuserei della vostra pazienza se trattassi particolarmente della teoria e delle disposizioni di questi differenti sistemi. Ma vi parlerò dei diversi apparati che riuscirono d'innalzarsi nell'aria, e ne esperimenterò pure alcuni in questa seduta. „

"Riscontriamo prima d'ogni altra cosa: la freccia che vola fischiando, la pietra piatta, il disco degli antichi ed il *boomerang;* queste tre specie di volanti descrivono nell'aria

---

1) Dai Rapporti della Società d'Aereonautica di Londra si rileva che i signori Moy e Shill, abilissimi meccanici, non hanno ancor potuto innalzare nell'aria il loro battello volante con la forza del vapore.

2) La Memoria di Mr. James Armour porta per titolo: *Wings for man*, e nella prefazione dice: *The manner in which the question is treated will show that the title "Wings for man„ signifies not wings absolute, but wings in the form of a proposition simply.* — È uno studio profondo per l'introduzione della matematica; ma egli non calcola bene le resistenze degli attriti, nè pare abbia costruitò il modello di quelle sue ali a ruota. Anche a me venne l'idea di certe ali a ruota da applicarsi alla mia aereonave; ma fattane la costruzione, verificai che gli attriti sono la condanna assoluta di tali meccanismi.

delle curve convesse verso il suolo. Ecco alcuni *boomerang* artificiali in acciajo ed in legno, da me costruiti, e che imitano, per la forma elicoidale discendente delle loro superficie, il volo dell'arma australiana in tutti i suoi particolari, ciò che per vero non fu ancor ottenuto.,,

"Il razzo, che si sostiene in parte per l'appoggio che i gas svolti dalla polvere trovano sull'aria, è pur esso un esempio del volo meccanico.,,

"Ma insistiamo sugli apparati costrutti specialmente per porre in luce il principio della aviazione.,,

"Il primo esempio di tali congegni sembra esser lo *Strophéor,* la cui invenzione ascende alla metà del secolo scorso: quest'è, come voi sapete, un piccolo elice messo in movimento dalla mano mediante una funicella, quasi come si fa con la trottola, e s'innalza quindi nell'aria ben poco discostandosi dalla verticale. M. Babinet ne vide alcuno che volando passava sopra la cattedrale d'Anversa, e noi ne abbiamo veduto innalzarsi ad una altezza non minore nelle esperienze fatte nei due ultimi anni.,,

"In queste esperienze riconobbi che il movimento d'ascesa non era il solo che si poteva comunicare a tali elici, ed ottenni mediante elici di metallo, bene levigati, taglienti come coltelli ed inargentati, con l'inclinazione delle ali da 3 a 5 gradi, degli effetti di translazione affatto nuovi. Queste esperienze con volanti così taglienti sono grandemente pericolose; ma essi si librano nell'aria come uccelli, e descrivono delle curve curiosissime.,,

"Lanciati contro un vento debole, questi elici, a passo brevissimo, si comportano nel modo che segue: dopo essersi innalzati lentamente, per 4 o 5 metri, si muovono orizzontal-

mente per più di 60 metri, accelerando il volo sempre più. Poi, continuando la loro rapida corsa, si innalzano ancor con vigore e bene spesso non si veggono più per la grande lontananza; un momento dopo, appajono di nuovo, nella stessa direzione; ma un poco più al basso, ad un'altezza di circa 18 metri; si veggono più grandi in pochi istanti e passano quindi come freccie sopra il loro punto di partenza. Terminano poi quel volo bizzarro cadendo dopo alcune oscillazioni ad una trentina di metri. Questa volata dura dai 16 ai 20 secondi, e ci dimostra che un semplice elice basta a sostenere e a reggere l'equilibrio di un corpo che si trasporta nell'aria.„

"Dopo lo *strophéor* viene l'elicoptero a molle elastiche. Il primo in ragion di tempo pare quello di Launoy e Bienvenu, che eglino presentarono all'Academia delle Scienze nel 1784. È formato di due elici sovrapposti, che girano in senso contrario a cagione di un arco di balena che agisce sopra una asticella così come ne' trapani a mano. Eccone un modellino reso molto semplice, che abbiamo costruito da ultimo, approfittando dell'esperienza acquistata in simili congegni. Esso si sostiene nell'aria per alcuni istanti.„

— M. Pénaud mette quindi in movimento un elicoptero di Launoy e Bienvenu. Questo congegno s'innalza per due metri e mezzo circa, e poi subito ricade. —

"Sir G. Cayley, non conoscendo certamente l'esistenza di questo piccolo meccanismo, ne costruì uno ben simile a Londra nel 1796. Le ali erano formate con penne. Da quell'epoca fino a questi ultimi tempi, due altri elicopteri sarebbero stati costruiti. L'uno nel 1842 dal maggiore Philipps, il quale era formato di due elici, le cui braccia vuote

a gomito giravano come l'elice eolipila; l'altro, nel 1843, dal sig. I. Bourne, che si moveva mediante una molla da orologio.,,[1]

"Questi congegni erano interamente dimenticati, allorquando i signori de Ponton d'Amécourt, de la Landelle e Nadar mostrarono i loro piccoli elicopteri che voi conoscete, e che salirono a 2 o 3 metri. Il chiasso fatto con questa esperienza ne produsse degli imitatori. I signori Panafieu e Joulien, fra gli altri, ottennero un simile risultato impiegando per la tensione delle piccole fascie di gomma elastica.,,

"Tutti questi congegni, la maggior parte assai costosi, delicati, si rompono facilmente: la loro volata, che dura solo un istante, sembra piuttosto un salto in aria che uno slancio a guisa di volo: appena si innalzano, che i loro elici si fermano, e quindi ridiscendono.,,

"Pensando, alcuni anni sono, alla insufficienza di tali mezzi, ne cercai altri che meglio dimostrassero il principio del volo meccanico. La forza delle molle elastiche è quella che si presenta come la più semplice; ma il legno, la balena, l'acciajo non danno che forze minime rispetto ai loro pesi: la gomma elastica si trova comparativamente di maggior potenza; ma per lo scheletro, necessario alla resistenza della sua tensione, l'istrumento riesce necessariamente troppo pesante. Ebbi allor l'idea di usare l'elasticità di torsione della gomma caoutchouc e così ottenni la soluzione tanto cercata della costruzione facile, semplice ed efficace di modelli volanti dimostrativi.,,

---

1) Si vede che in Francia non è conosciuto l'elicoptero esperimentato dal Sarti nel 1821.

"Costruii per primo un nuovo elicoptero, ed è questo quello che mostrai nell'aprile 1870 al nostro onorevolissimo decano M. de la Landelle. Esso è, come ben vedete, molto semplice. Sono sempre due elici sovrapposti che girano in verso contrario: la lor distanza è mantenuta da piccoli gambi, nel mezzo de' quali è situato l'elastico.,,

"Eccone un modello fatto in modo che s'innalza rapidamente.,,

— M. Pénaud fa quindi volare un elicoptero, che s'innalza dirittamente fino al soffitto della sala, alta ben dodici metri, e poi continua a muoversi per alcuni istanti. —

"Quest'altro è un modello meno veloce nel volo; ma più a lungo si mantiene in aria.,,

— L'elicoptero, dopo aver descritto un grande cerchio, alcuni piedi sopra le teste degli spettatori, s'innalza dolcemente fino al soffitto, e là vi rimane per alcuni secondi cangiando più volte di luogo e di direzione. (Numerosi applausi). —

"Ritorniamo ora un po' indietro, e vediamo ciò che è stato fatto con gli aereopiani. Essi furono studiati in buon numero al principio del secolo da Sir G. Cayley, il grande nome che domina l'aviazione; da Henson nel 1844, poi dai signori du Temple, de Louvrié, e da altri; ma soltanto in questi ultimi anni furono resi capaci della lor funzione.,,

"M. Strinfellow nel 1868 fece alcuni esperimenti interessanti, quantunque incompleti, con un piccolo aereopiano, fornito di una macchina a vapore, e si movea sopra un filo di ferro teso orizzontalmente. I signori du Temple e Joulien ottennero de' risultati più soddisfacenti impiegando come motore la gomma elastica per torsione, imperciocchè i loro

congegni andarono a cadere librandosi nell'aria ad una dozzina di passi.„

"M. Jobert nel 1869 esperimentò una specie di *strophéor* orizzontale fornito di un piano sostenitore. Egli vide il suo congegno, lanciato da una finestra, attraversare una corte di 15 metri circa di lunghezza. M. Jobert conta di riprendere fra breve le sue prove.„

"Convinto che la gomma elastica per torsione darebbe dei risultati ancor migliori, pensai io pure di applicarla all'aereopiano dopo di averla applicata all'elicoptero. Il risultato confermò l'aspettativa, ed ecco quivi alcuni modelli molto simili a quello le cui evoluzioni nell'aria sperimentai alla presenza della Società di Navigazione Aerea nell'agosto 1871, ed in questo luogo appunto, con la sua translazione ascendente e col suo perfetto equilibrio, presentò, per la prima volta, una dimostrazione completa del volo dell'aereopiano. Oltre la questione della forza, v'era pure nel fatto, come in tutti i congegni che si muovono orizzontalmente, un'altra questione delle più gravi, l'equilibrio, ed era in quel tempo in cui non avevamo ancor trovato i lavori di Cayley, una questione del tutto oscura, e rimasta senza soluzione. Dopo alcune ricerche, ebbi la fortuna di venire a capo di questa faccenda, giovandomi degli studî sulla caduta delle diverse superficie, e sopratutto delle bellissime farfalle cadenti costruite da M. Pline, delle quali eccone alcuni esemplari.,,

— L'oratore lancia delle farfalle di carta che si librano nell'aria fino al mezzo della sala, discendendo seguono una linea molto obliqua, che si avvicina all'orizzontale. —

"Da questi fatti, che vennero interpretati dal calcolo, pervenni a trarre un principio generale d'equilibrio, e fui quindi

condotto all'impiego di un piccolo timone orizzontale, inclinato di alcuni gradi verso il disotto del piano sostenitore dietro il quale è situato. Questa disposizione riuscì bene, ed io non ebbi quindi che a costruire il tipo, che a voi presento, nel quale l'elice è al di dietro per evitare gli urti.,,

"Non mi difonderò nei particolari della costruzione di questo congegno, chè voi ben li comprendete a prima vista, e cercherò quindi di esperimentarlo alla vostra presenza.,,

— L'aereopiano prima di aquistare una velocità regolare si abbassò di 50 centimetri circa, attraversò quindi la sala rapidamente, che è lunga 20 metri, e prima in linea retta, poi terminò il volo in una curva ascendente e andò a battere la rete di un pallone, sospeso sulla porta d'ingresso. —

"Quest'è un altro modello in cui l'elice è sul dinanzi.,,

— L'aereopiano descrive un grande circolo intorno alla sala, e continuando ad innalzarsi, arriva a battere contro le pareti all'altezza di circa 7 metri. —

"Allorquando questi aereopiani hanno uno spazio libero dinanzi, essi, come altri, forniti di due elici, volano durante 12 o 15 secondi, e s'innalzano da 8 a 10 metri, percorrendo uno spazio non minore di 50 metri.,,

"L'aereopiano del 1871 ha di giá una piccola famiglia. M. Montfallet, M. Pétard, e molti altri hanno variato le sue forme in diversi modi, con varî successi. Il nostro dotto ed intrepido vice-presidente, M. Crocé-Spinelli, spera poter sperimentare un congegno dello stesso genere, che pesa quasi due chilogrammi, il cui piano è mosso con oscillazioni periodiche, in modo così che agirà sull'aria con velocità ed angoli diversi.,,

" Passiamo agli uccelli meccanici.,,

"La costruzione di un elicoptero era relativamente facile; quella di un aereopiano era un po' più difficile; ma l'uccello meccanico presenta delle serie difficoltà.,,

"Tutte le leggende, che si trovano in più luoghi, di meccanismi volanti con ali, sono nel fatto le une più inverosimili delle altre, ed è chiaro che non basta ad un inventore di dichiarare ch'egli ha ottenuto un tale o tal altro effetto con un congegno, esso dev'essere veduto nel volo: epperò, egli è certo che fino a questi ultimi tempi, nessun uccello meccanico fu veduto muoversi di per sè nell'aria.,,

"M. Marey, del quale voi conoscete le belle esperienze fisiologiche sul volo degli uccelli, ha costruito, nel 1870, degli insetti artificiali, che congegnati ad un piccolo maneggio, e muniti di un contrappeso eguale a due terzi del loro proprio peso, s'innalzavano e giravano nell'aria battendo le ali. L'aria compressa che animava quelle ali era ad esse inviata, attraverso l'asse del maneggio, mediante una pompa messa in moto dalla mano dello sperimentatore.,,

"Quest'è un primo passo interessante, ma rimaneva a guadagnare ancora i due terzi del peso del meccanismo perfezionando l'azione dell'ala, e bisognava cercar modo che gli apparati avessero a portare con loro il motore, invece di metterli in movimento con una forza esterna.,,

"Nel settembre 1871, il nostro dotto segretario, M. Hureau de Villeneuve ed io ci siamo applicati, ciascuno di per sè, all'uso della gomma elastica nella costruzione di uccelli meccanici, giovandoci dell'abilissimo meccanico M. Jobert nella costruzione de' piccoli pezzi d'acciajo necessarî ai nostri congegni.,,

"Le teorie del volo da noi seguite erano del tutto diffe-

renti. M. Hureau de Villeneuve applicava le idee che gli sono proprie, e che hanno trovato di poi l'appoggio negli studî di M. Pettigrew. Io invece applicava, in ciò che ha di essenziale, la teoria che si può dire classica, vale a dire quella di Borelli, di Cayley, di Strauss-Durckheim ec. Voi ben sapete che M. Marey ha potuto confermarla in buona parte esperimentalmente, e precisarla in molti punti, pur eliminando degli errori già accreditati. Cercai però nel fatto di perfezionare le nozioni aquistate, utilizzando le osservazioni sugli uccelli e gli studî della matematica, le quali cose mi condussero ad alcune modificazioni di qualche importanza relativamente alla teoria ordinaria.,,

"Non posso quivi trattare de' particolari tecnici ed astratti sulle due teoriche adottate da M. Hureau de Villeneuve e da me. — V' indicherò soltanto i punti che seguono.,,

"Nell'uccello di M. Hureau de Villeneuve, gli assi di rotazione erano obliqui fra di loro e con l'asse del corpo; nel mio essi erano paralleli fra di loro e con l'asse del corpo. Le ali costruite dal nostro Segretario generale mutavano le inclinazioni de' piani mutandosi l'articolazione della spalla, nelte mie invece que' cangiamenti avvenivano per la mobilità della membrana dell'ala, e delle piccole dita che la distendevano con la grande nervatura anteriore, la quale non riceveva alcuna rotazione. Un piccolo tensore di gomma elastica, funzionando come la zampa della nottola, regolava quella mobilità. I nostri due congegni furono presentati insieme il 20 giugno 1872 alla Società di Navigazione Aerea.,,

"L' uccello del nostro collega aveva una notevole potenza nel colpo d' ali: ad ogni battuta si vedeva quel corpo innalzarsi nell' aria con forza. Disgraziatamente que' battiti

erano poco numerosi, ed arrivato nel suo movimento verticale ad un metro circa d'altezza, l'uccello ridiscendeva a modo di paracadute.,,

"Il mio uccello non poteva volare verticalmente, ma si trasportava con rapidità nel modo orizzontale, e s'innalzava pure seguendo delle pendenze di 15 a 20 gradi, e così perveniva ad una altezza di 2 metri circa nel punto più elevato della sua corsa.,,

"Questo modello era alcuna volta irregolare ne'suoi movimenti, ed il meccanismo lavorava male; però alcuni mesi dopo tutti i nostri Colleghi lo videro volare sopra le loro teste, le membrature svolsero meglio i loro movimenti; ma cadde ed ebbero fine le evoluzioni aeree di quel neonato.,,

"Egli è perciò che oggi sono ridotto, con mio grande dispiacere, a presentarvi un greggio congegnuccio nulla affatto costruito per esser posto in mostra. Esso è, per vero, simile al primo meccanismo in quanto alla disposizione generale; vi è soltanto di più un volante che serve a raddolcire i movimenti, ma questo non compensa le molte cure con le quali era costruito l'uccello del 1872. Epperò, egli è raccomandandomi alla vostra benevolenza che mi espongo a questa prova.,,

— Il congegno venne quindi lasciato libero a'suoi movimenti, ed esso percorse nell'aria alcuni metri con moto sempre più rapido; ma siccome cambiò bruscamente direzione verso il basso, urtò il pavimento con la sua velocità aumentata dalla accelerazione della caduta. — Dopo aver accomodato l'equilibrio di quell'uccello, M. Pénaud lo lasciò volar di nuovo. Questa volta, dopo essersi abbassato di 50 centimetri circa, mentre acquistava la sua velocità con l'a-

juto degli sbattiti d'ala vigorosi, il congegno si mosse orizzontalmente con volo rapido e facile fino ad una distanza di 9 metri. Arrivato così nel mezzo della sala, s'innalzò secondo una curva fino a 5 m. circa dal livello del punto di partenza prendendo quindi a poco a poco la sua velocità di translazione. Dopo esser rimasto un istante sospeso nell'aria nel medesimo luogo, ridiscese riprendendo la sua corsa, rialzandosi alcun che più innanzi. Da questo secondo punto culminante l'uccello, i cui battiti d'ali cominciavano a rallentarsi, volò leggermente, allontanandosi sempre dal suo punto di partenza, ed in fine si posò dolcemente sopra gli spettatori seduti al fondo della sala. (Numerosi applausi). —

"M. Hureau de Villeneuve fece costruire nel 1873 un modello molto più grande del suo automa perchè meglio avesse a confermare la teoria da lui sostenuta. L'ampiezza dei movimenti delle ali di 1 metro e 50 cent. di larghezza da un sommolo all'altro può esser modificata grandemente, e le loro parti interne vengono mosse con movimenti contrarî a quelli delle parti esterne.,,

"Gli uccelli a gomma elastica ritorta hanno fatto fortuna. — Quest'estate M. Gauchot costruiva il congegno che qui vedete, il quale è una meraviglia meccanica: le sue ali tese misurano 1 metro e 20 cent., e vengono animate da un movimento ellittico analogo a quello degli uccelli, e ciò in modo così semplice come felicemente riuscito.,,

— M. Pénaud tenendo con la mano l'uccello così bene costruito da M. Gauchot, lo lascia battere le sue grandi ali, che si muovono con vigore descrivendo delle ellissi. L'oratore fa osservare che il suo braccio è fortemente sollevato in ciascun battito. —

"L'uccello ebbe a cadere sul bel mezzo della sua prova, e non è ancor riparato interamente. Non posso quindi fare dinanzi a voi una esperienza interessantissima alla quale M. Marey ed io abbiamo di già assistito. Tenuto quest' uccello sospeso ad un filo elastico legato al soffitto, esso si innalzò rapidamente fino a distruggere intieramente la tensione del filo, mentre una forte corrente d'aria lanciata verso il basso dimostrava, in altra guisa, l'appoggio vigoroso ch' esso prendeva sull' aria.,,

"Quest' altro è pur un uccello degno d'osservazione, esso mostra nel modo il più chiaro il principio fondamentale dell' azione dell' ala. Fu costruito due mesi sono da M. Tatin, orefice dei più abili. M. Tatin non si è arrestato per le difficoltà de' pezzi microscopici, ed ha raccolto il frutto della sua audacia. Questo meccanismo, il cui peso è di poco superiore a 5 grammi, funziona eccellentemente. Pregheremo M. Gauchot di farne la prova.,,

— M. Gauchot fece volare liberamente l'uccello costruito da M. Tatin, ma esso si abbassò malgrado i suoi rapidi battiti d'ali. M. Gauchot, dopo aver esaminato il meccanismo, disse che si era guastato in alcuna parte, e che non si poteva procedere ad una seconda prova. —

"M. Jobert ha presentato di recente alla Società un movimento d'uccello molto ingegnoso, il quale pone in atto il lavoro della leva motrice in tal modo che si ha il cangiamento del piano necessario all' azione dell' ala. Questo congegno, che ci permetterà molte utili ricerche, è ancora da ultimarsi con l'esperienza. Com' esso vi viene presentato, non è quindi nel suo stato finale: è soltanto congegnato per farvi vedere nettamente in qual maniera avvengono i cangiamenti di piano.,,

— M. Jobert mette in moto mediante una corda che agisce sopra un verricello le ali del suo uccello posto sopra un piedistallo. Il movimento da principio lento lascia vedere chiaramente i cangiamenti di piano effettuati dalle ali nei loro battiti, per cui si nota la cifra dell'otto descritta dalle loro estremità. Un secondo movimento rapido dà un'idea dell'azione potente che le ali possono esercitare sull'aria. —

" Tali sono i meccanismi che noi possediamo attualmente. In quanto poi agli istrumenti in grande, gli aereopiani sono i soli che promettono, com'io credo, di poter trasportare un giorno gli uomini nell'aria. Questi sono quelli che conseguiranno le maggiori velocità, e che richiederanno il minor lavoro pel volo. Essi potranno facilmente approdare tangenzialmente sull'aqua come certi smerghi di mare, ed allora si costruiranno delle stazioni aquatiche. Il loro approdo sul suolo pare per vero difficile, anche su terreni sodi come sono le strade, pur applicando alla macchina delle grandi zampe a molle elastiche con opportune girelle. In quanto poi alla partenza questa potrebbe farsi facilmente col movimento di due elici posti sul dinanzi, a fianco del corpo fusiforme, in modo che lo spingeranno orizzontalmente. Il peso il più favorevole per una prima prova con uno o due uomini d'equipaggio pare sia dai 400 chilogrammi ai 5000 secondochè s'impiegherà un motore a gas[1] od a vapore. Questi conge-

1) Egli intende dire il gas idrogene; ma per l'aqua necessaria al raffreddamento dei cilindri, io ho creduto bene di cessare dalla costruzione di una tale macchina che voleva usare nell'aereonautica, e mi diedi invece a costruirne altra a gas ammoniaco, che funziona molto meglio di quelle ad idrogene. Se le mie circostanze saranno fatte favorevoli a questi studî costruirò un uccello meccanico, e col gas ammoniaco lo animerò, e spero volerà meglio e più a lungo di quelli de' signori Francesi.

gni, secondo i miei calcoli, non potrebbero avere che 1 metro quadrato di vela ad ogni 20 e fino a 40 chilogrammi di peso, ed allor tutto compreso non potrebbe pesare più di 25 e fino a 40 chilogrammi per cavallo-vapore di forza. E ciò porterebbe il peso del motore tra 7 e 10 chilogrammi per cavallo.„

"Tali motori ancor non esistono. La macchina a vapore così bene studiata da Cayley, e poi dai signori Giffard, Hureau de Villeneuve e Crocé-Spinelli è il motore attualmente il più leggero; ma pesa non men di 25 chilogrammi per cavallo-vapore, e non pare possa discendere a 15. Essa ci permetterà almeno la costruzione di modelli volanti del peso di 5 a 100 chilogrammi, oltre poi alla sua applicazione ai palloni dirigibili. Noi crediamo che la macchina a gas, ancora nell'infanzia, possa dare la miglior soluzione del motor leggero.„

Egli continua il suo discorso affermando il principio, che in ogni specie di locomozione aerea l'effetto viene da un movimento obliquo contro l'aria prodotto dalle superficie che la urtano facendo volare il corpo.

E dice infine:

"In conclusione, la direzione dei palloni volanti è possibile, secondo me, già da nostri giorni, e non richiede che il danaro.„

"In quanto poi alla aviazione, il cui principio è dimostrato vero, lunghi anni ci separano probabilmente dalla attuazione.„

"Comunque sia poi la cosa, non dimentichiamoci che per gli studî severi e per l'amore delle grandi imprese le nazioni si ritemperano e divengon celebri.„ (Applausi).

PARTE SECONDA

La navigazione con le aereonavi

CAPITOLO I°

La teorica dell' aereonautica

Il carattere distintivo comune de' corpi liquidi e de' gasosi si è la mobilità delle molecole che li compongono, le quali scorrono con una estrema facilità le une sulle altre; per questa proprietà i liquidi ed i gas si designano sotto il nome comune di *fluidi*. — Or discorreremo delle conseguenze che derivano dalla scorrevolezza delle molecole de' fluidi, chè ben si devono conoscere per intender la teorica dell' aereonautica.

In un vaso vi sia un liquido, e la superficie d' esso si disporrà orizzontalmente, poichè come ogni molecola è sollecitata dalla gravità alla discesa, così essa non può rimanere su di un piano inclinato all' orizzonte, e nell' equilibrio stabile sarà situata in modo che il suo centro di gravità si troverà nella verticale che passa pel punto d' appoggio di essa molecola, od è fra i suoi punti sostenuti. Analogamente, se le pareti verticali di un vaso si potessero estendere fino a sorpassare l' atmosfera, e di là su si potesse osservare l' aria raccoltavi, si vedrebbe, nell' equilibrio stabile, lo strato superiore in una superficie orizzontale. E gli strati divengono quindi uniformemente tanto più densi di molecole aeree quanto più queste sono premute dal peso delle sovrapposte.

Gli urti subiti dalle molecole de' liquidi e de' gas, e le espansioni delle energie di questi prodotte dal calore, si manifestano, per la scorrevolezza delle molecole di essi fluidi, co' fenomeni delle ondulazioni e delle correnti che avvengono in quelle masse, i quali fenomeni vediamo quotidianamente ne' liquidi, e col suono e col vento sentiamo quelli dell' atmosfera.

Per la scorrevolezza delle molecole de' fluidi abbiamo, che essi danno liberamente passaggio a que' corpi che attraversano le loro masse. Di questo fatto ne facciamo continua prova camminando nell' aria, e lo proviamo pure allorquando ci muoviamo in un bacino d' aqua. E ben sappiamo che un corpo attraversando un fluido incontra una certa resistenza, che cresce con la densità del fluido urtato. Diremo quanto numericamente sieno diverse le resistenze che incontra uno stesso corpo, mosso nello stesso modo, con eguale velocità, attraverso fluidi differentemente densi; ma ciò dopo aver parlato delle pressioni alle quali è soggetto un corpo immerso in un fluido le cui molecole sono in equilibrio.

Il celebre Pascal, nel 1653, considerando la scorrevolezza delle molecole de' liquidi e de' gas enunciò il *principio dell' eguale trasmissione delle pressioni ne' fluidi;* epperò un corpo immerso in un fluido sopporta in ogni parte della sua superficie una pressione che è eguale al peso di una colonna verticale di quel fluido che abbia per base la superficie premuta e per altezza la distanza del centro di gravità di questa dal piano di livello.

Il principio di Pascal si esperimenta comunemente nel modo che segue. — Si hanno de' vasi di vetro a varie forme, cilindriche, coniche, contorte; ma tutti terminati al basso in

un cilindro, senza fondo, con gli orli levigatissimi. A quegli orli si fa combaciare perfettamente un disco di vetro. E quando ciascuno di que' vasi viene sorretto verticalmente dalle braccia di un sostegno, quel disco ottura il fondo tenendosi congiunto mediante un filo, fisso l' un capo al centro di esso disco, e l'altro al centro della faccia inferiore di uno de' piatti di una bilancia, situata in modo che questo sta sopra la bocca del vaso, un po' in alto. Nell'altro piatto della bilancia si pone un peso eguale al peso del disco e del filo, e vi si aggiugne il peso di una colonna del liquido da versarsi nel vaso, la quale colonna si calcolerà come quella che ha per base il circolo otturatore tra gli orli del cilindro, e per altezza la distanza di esso circolo dal livello del liquido che vuolsi versare nel vaso. Versando lentamente il liquido si osserva, che la pressione al fondo aumenta sempre più, ed al livello stabilito l'otturatore più non la sopporta, poichè quant'è il liquido che si versa ulteriormente, tant'è quello che scorre fra le labbra formate da quel disco. E poichè ciò si verifica per qualsivoglia vaso, tenutosi eguale l'estensione del disco otturatore, e la sua distanza dal livello del liquido, e perchè ciò si verifica, mutate pur quelle dimensioni, rispetto al peso di qualsiasi colonna di fluido sovrastante, si conclude, che la pressione esercitata sul disco è eguale al peso del cilindro del fluido incombente e non dipende dalla forma del vaso.

Questa teoria dice pure, che le pressioni esercitate dal fluido si trasmettono in esso secondo qualunque direzione. E l'esperienza può farsi nel modo che segue. [1]

1) Jamin, *Cours de Physique*, deuxième édition, Paris 1863, è l'opera della quale or mi giovo specialmente.

Si prenda un tubo abbastanza largo con gli orli così bene lisci, che ad essi si adatti perfettamente una delle superficie di un disco sottile. Quel disco può farsi di carta, ed allora il suo peso è trascurabile. In un vaso pieno d'aqua s'immerga il tubo verticalmente, mantenendo con un filo il disco appoggiato agli orli del fondo del vaso; e si osserverà che l'otturatore rimane premuto agli orli del tubo lasciato pur libero il filo che lo sorreggeva; quindi si conclude che esso è premuto da una pressione esercitata dal liquido dal basso in alto. Se questa vuolsi misurare, si eserciterà una pressione opposta, e ben servirà il liquido stesso mescendone lentamente entro il tubo; appunto il disco cesserà di tenersi aderente agli orli appena il livello del liquido nel tubo eguaglierá quello che esso ha nel vaso d'immersione. La stessa esperienza può farsi con un tubo ricurvo la cui apertura inferiore sia obliqua all'orizzonte o verticale, ed il principio di Pascal si vede sempre verificato.

Si prenda un tubo arcuato nel mezzo, ed i due rami verso le estremità sieno diretti verticalmente in su: entro a quel tubo scorra dolcemente un cilindro elastico a tenuta d'aqua: dall'una bocca si versi dell'aqua e dall'altra del mercurio, e si osserverà che ogniqualvolta que'due fluidi tengono il cilindro che li separa nel luogo più basso, la colonna d'aqua è quasi 14 volte più alta della colonna di mercurio, ed appunto i pesi di quelle due colonne di fluidi sono eguali giacchè il mercurio è 13, 6 più pesante di quanto pesa un egual volume d'aqua. Si conclude quindi che una membrana nel luogo della separazione dei due liquidi subisce due pressioni eguali ed opposte, corrispondenti ai pesi delle colonne de'liquidi che hanno a base quella membrana e per

volte più denso dell'aqua, e l'aria al livello del mare, ritenuta la temperatura a zero gradi, e 773 volte meno densa dell'aqua. Egli è poi chiaro, che essendo l'aria un fluido molto compressibile, gli strati superiori sono meno densi dei sottoposti, che ricevono la pressione del peso di quelli. Inoltre Regnault, Rudberg, Stewart ed altri fisici con accuratissime esperienze hanno trovato, che un volume d'aria sotto eguale pressione si espande da 1 ad 1,3665 fra i gradi 0 e 100 di Celsius; epperò la densità dell'aria nelle varie regioni atmosferiche è ben diversa. Le teoriche della fisica e le esperienze degli scienziati ci diedero gli elementi de' calcoli raccolti nella tabella seguente, ritenuta la temperatura in ogni strato di 10 gradi.

Elevazione sul mare [1]	Pressione barometrica	Peso di 1 mc. d'aria [2]	Differ. di peso da terra
metri 0	cent. 76,00	Cg. 1,245	gram. —
» 100	» 75,10	» 1,235	» 10
» 200	» 74,17	» 1,225	» 20
» 300	» 73,28	» 1,215	» 30
» 400	» 72,40	» 1,205	» 40
» 500	» 71,52	» 1,195	» 50
» 600	» 70,65	» 1,185	» 60
» 700	» 69,80	» 1,175	» 70
» 800	» 68,95	» 1,165	» 80
» 900	» 67,80	» 1,155	» 90
» 1000	» 66,91	» 1,145	» 100

1) Le altezze vengono calcolate con la formula di Laplace: $D = 18393\ (1 + 0{,}002837\ \cos 2a) \left\{ 1 + \frac{2\ (T + t)}{1000} \right\} \log \frac{H}{h}$ nella quale D rappresenta la distanza verticale fra i due luoghi de' quali si cerca la dif-

Ora che conosciamo la meccanica de' fluidi in quanto alle pressioni esercitate da essi pel loro peso, dobbiamo osservare le condizioni di equilibrio di un corpo immerso in un fluido.

Dicesi *centro di gravità di un corpo* quel punto, che sostenuto, il corpo rimane per sè stesso comunque si giri intorno ad èsso punto.

Se più forze sono applicate ad un corpo, esse possono essere sostituite da una sola, che funzioni sul corpo come quelle tutte insieme: e queste si dicono *componenti* di quella, che ne è loro *risultante*.

Una forza applicata ad un corpo ci risulta determinata quando ne conosciamo *il punto d' applicazione*, *la direzione* e *l' intensità*. Così dalla meccanica.

Il *centro di gravità di un corpo* è quindi il punto d' ap-

---

ferenza dell' altezza barometrica, H rappresenta l' altezza del barometro alla stazione inferiore, ed h l' altezza alla stazione superiore; T e t sono le temperature dell'aria nelle due osservazioni; a è la latitudine. Abbiamo ritenuto $T = t = 10°$; $a = 45°$; $D = 100$; $H = 76^{cm},00$ al livello del mare.

3) Pel calcolo del peso dell' aria sia d la sua densità a 0° ed a 760^{mm} di pressione; all'altezza H diciamo B la pressione barometrica in millimetri, alla superficie terrestre sia b; t' rappresenti la temperatura alla superficie terrestre, t'' sia quella all' altezza H, e detta D la densità dell' aria a tale altezza, si ha $D = d\,\frac{B}{760} \times \frac{1}{1+a\,t''}$. Chiamando T la temperatura assoluta del punto di gelo, si può scrivere $D = d\,\frac{B}{760} \times \frac{1}{T+t'} \times \frac{1}{a}$. E per la formola che il Saint-Robert dedusse dalle esperienze di Glaisher è $\frac{B}{T+t''} = (1 - \frac{H}{c})\,\frac{b}{T+t'}$. Nel nostro caso si può ammettere $b = 760$, epperò egli è $D = \frac{d}{a(T+t')}\,(1 - \frac{H}{c})$. Se si voglia il peso di 1 mc. d'aria a varie altezze basta porre invece di d il peso 1^{Cg},293, in luogo di a il numero 0,00366, che è il coefficiente di dilatazione dei gas, e si riterrà $T = 273,2$. Valore medio di t' può ritenersi 10°.

Gli aereostati, come ben si sa, risultano di una massa gasosa, meno pesante di una massa d'aria atmosferica di egual volume negli strati inferiori, ed è quella contenuta da un involucro poco pesante. E la detta massa gasosa può aversi dall'aria stessa dilatandola col fuoco per renderla meno pesante, oppure l'aereostato può essere riempiuto di un gas meno pesante dell'aria, così l'idrogene, che come pesa circa chilogrammi 1, 2 per ogni metro cubo meno di quanto pesa un eguale volume d'aria, tanto carico può sopportare ad ogni metro cubo; il gas d'illuminazione per ogni metro cubo ne porta invece circa chilog. 0, 45; il gas ammoniaco chilogrammi 0, 52. Questo gas non è accensibile come gli altri due; facilmente col fuoco si svolge dall'aqua nella quale si scioglie rapidissimamente allorquando viene messo in comunicazione. Alla temperatura di 0 gradi e sotto la pressione di 760 mill. 1149 litri di gas ammoniaco si sciolgono in un litro d'aqua, a 10 gradi 812, a 60 gradi l'aqua non contiene più il gas ammoniaco, che tutto si svolge. E questa sua solubilità nell'aqua permetterà di raccoglierlo prontamente dopo l'esperienza; ed in brevissimo tempo mediante una caldaja col fuoco lo si rimanderà nell'aereostato.

Queste proprietà del gas ammoniaco lo presentano più conveniente alla navigazione aerea di quello che sia il gas d'illuminazione, e nella pratica può anche servirci meglio dell' idrogene puro.

La proprietà caratteristica dei gas è la potenza della loro indefinita espansione. Allorquando la pressione intorno ad una massa di gas va scemando, il volume di questa si dilata, e quanto più può dilatarsi, tanto più la sua densità diviene minore. Ed allorquando una massa di gas, tenuta entro dati

limiti da una certa pressione, viene riscaldata da una sorgente calorifera, essa tende maggiormente a dilatarsi, e quanto più può dilatarsi tanto più la sua densità diviene minore.

Gli involucri, che contengono i gas negli aereostati, premuti dall'interno all' esterno aumentano facilmente il volume di cui sono capaci, e premuti dall'esterno all'interno lo diminuiscono. E poichè adunque la densità dei gas contenuti negli aereostati pel variare della pressione atmosferica, e per le variazioni della temperatura va soggetta a variazioni le quali sono importantissime per l' equilibrio dell'aereostato nell' aria, così diremo delle leggi che governano tali fenomeni.

La legge che esprime la relazione tra la pressione e la densità di un gas, rimanendo costante la temperatura, è generalmente così enunciata: "il volume di una massa di gas varia inversamente al variar della pressione,,; epperò, "la pressione di un gas è proporzionale alla sua densità.,,

Questa legge fu scoperta da Roberto Boyle, e da lui publicata nel 1662 in una appendice alla sua opera "*New Experiments Physico-mechanical.* Mariotte, verso il 1676, nel suo trattato "*De la nature de l'air*, enunciò la stessa legge, e poichè egli ed i suoi compatrioti la illustrarono con molte esperienze, è generalmente conosciuta col nome di questo fisico.

Rankine rese chiara questa legge dicendo: Si abbia un vaso chiuso, e sia interamente privo d' aria, in esso si introduca un certo peso, per esempio, un grammo d'aria, quest'aria secondo sua natura eserciterà subito una certa pressione sopra ogni pollice quadrato della superficie del vaso

Se poi introduciamo un secondo grammo d'aria, anche questo eserciterà la medesima pressione sulle pareti del vaso come pur non vi fosse quel primo grammo d'aria, epperciò la pressione viene raddoppiata. Possiamo quindi concludere, esser proprietà di un gas perfetto che ciascuna sua porzione eserciti la stessa pressione contro le pareti del vaso come se le altre porzioni non vi fossero.

Dalton poi asserì che la stessa legge si avvera anche con porzioni di gas diversi posti nello stesso vaso, epperciò la pressione della mescolanza è la somma delle pressioni dovute alle diverse porzioni di gas contenuti nel vaso, introdotte separatamente alla stessa temperatura.

Nei gabinetti di fisica si verifica comunemente questa legge con un tubo di vetro ricurvo al basso così che i due rami diretti in su stanno fissi verticalmente ad una tavola. Il più corto dei due rami è chiuso in alto; l'altro, che è lunghissimo, alla bocca tiene un imbuto pel quale si versa poi il mercurio entro al tubo. S'introduce nel tubo il gas che vuolsi esperimentare in tanta quantità, che versato un poco di mercurio, questo si disponga ad eguale livello nei due rami.

In questo stato al gas viene dal mercurio comunicata la pressione dell'atmosfera. Segnata nel tubo la superficie di contatto dei due fluidi, per l'imbuto si versa una nuova quantità di mercurio, e si osserva che quando la differenza dei livelli del mercurio nei due rami è eguale all'altezza barometrica, il gas si ristringe in uno spazio metà del primo. Continuando a versare mercurio nel lunghissimo tubo fino ad avere le differenze di livello eguali a 2, 3, 4, ... volte la altezza della colonna barometrica, vale a dire fino ad avere

la pressione eguale a 3, 4, 5 . . . atmosfere, si troverà che i volumi successivi del gas si riducono a $\frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \ldots$ del volume occupato sotto la pressione di una atmosfera.

Questa legge però non è esattamente mantenuta dai gas fino ad ora conosciuti, essa è molto prossimamente seguita da que' gas che noi non siamo capaci di condensare in liquidi, e gli altri ad essa si attengono quando la loro temperatura è molto al di sopra del loro stato di condensazione.

La seconda legge dei gas, che dobbiamo conoscere pel nostro studio, si è quella scoperta da Charles [1], ma è comunemente conosciuta come la legge di Gay-Lussac, o di Dalton.[2] Viene enunciata così: "il volume di un gas sotto costante pressione si espande allorchè s'innalza la temperatura da 0° a 100° di una medesima frazione del suo volume primitivo, qualunque sia la natura di esso gas.„ E le esperienze diedero, che ogni gas sotto pressione costante per ciascun grado di aumento o di diminuzione di temperatura del termometro centigrado, si dilata o si contrae di una quantità eguale a $\frac{366}{100000}$ del suo volume a zero. Questo risultato per vero può essere ammesso senza tema di errore nella pratica; alla realtà dei fatti è approssimativo.

L'insieme delle due leggi precedenti ci fa conoscere le variazioni del volume di una massa gasosa variando gli elementi che la determinano, cioè la pressione e la temperatura. Abbiamo eseguito questi calcoli ammettendo che l'involucro contenente il gas non abbia alcuna forza sulla dilatazione

1) Professore di fisica, celebre pel suo pallone a gas idrogene.

2) Dalton publicò questa legge nel 1801; Gay-Lussac la divulgò nel 1802, non conoscendo però lo studio di Dalton, e facendo note le ricerche di Charles.

o sulla condensazione del gas. Abbiamo supposto la temperatura media di 10 gradi, ed abbiamo considerato le pressioni atmosferiche come sono date nella tabella precedente.[1]

Elevazione sul mare	Un metro cubo di gas diviene	Differenza	
		da terra	dallo strato anter.
metri 0	1	—	—
» 100	1, 012	0, 012	0, 012
» 200	1, 024	0, 024	0, 012
» 300	1, 036	0, 036	0, 012
» 400	1, 049	0, 049	0, 013
» 500	1, 062	0, 062	0, 013
» 600	1, 075	0, 075	0, 013
» 700	1, 088	0, 088	0, 013
» 800	1, 101	0, 101	0, 013
» 900	1, 114	0, 114	0, 013
» 1000	1, 128	0, 128	0, 014

Dalla tabella a pag. 94 si raccoglie che un aereostato essendo caricato così che si tenga in equilibrio in alcuni strati dell'atmosfera, non potendo dilatarsi come si dilaterebbe il gas al scemare della pressione atmosferica, perchè ascenda di 100 metri dev'essere alleggerito di 1 chilogrammo per ogni 100 metri cubi del volume di cui è capace; l'opposto, per farlo discendere. Così, ad esempio, chi volesse discendere di 100 m. con un aereostato del volume di 1000 m. cubi, ca-

1) Coloro che sanno d'algebra si renderanno facilmenle ragione della formula $\frac{V'}{V} = \frac{P}{P'} \times \frac{1 + 0,00366t'}{1 + 0,00366t}$ con la quale abbiamo avuto la tabella esposta, V, P, t rappresentano il volume, la pressione e la temperatura che possiede simultaneamente la massa del gas in certo luogo; e V', P', t' rappresentano gli stessi elementi in altro luogo.

ricandosi di zavorra comprimendo aria in recipienti, che non si dilatano, ne dovrebbe comprimere non meno di 10 metri cubi fino a 10 atmosfere, e quell'aria per essere compressa con pompe mosse da due uomini, richiede un lavoro energico non minore di mezz' ora. E si noti che un metro cubo d'aria immagazzinato sotto la pressione di 10 atmosfere richiede un vaso di metallo ben grosso, capace di 100 litri.

Dall'ultima tabella abbiamo, che se un aereostato ha l' involucro che non oppone resistenza al gas che si dilata, basta un lavoro piccolissimo per innalzarlo maggiormente, essendo equilibrato in alcuni strati dell'atmosfera; mentre per farlo discendere occorre un lavoro più che doppio di quello che è necessario nel caso in cui l' aereostato avesse una superficie rigida.

In pratica non sono ammissibili quelle due condizioni dell'involucro contenente il gas, epperciò si deve ritenere che per innalzarsi di 100 metri da uno strato dell'atmosfera nel quale si è in equilibrio bisogna fare in modo come si alleggerisca il carico di un peso tra 5 a 1000 grammi per ogni 100 metri cubi di cui è capace l'aereostato, peso che avrà una certa relazione con l'elevatezza da terra dello strato dal quale si considera la nuova ascensione, giacchè da terra non si parte con l'aereostato ripieno di gas, affinchè possa dilatarsi senza nocivi stiramenti del tessuto che lo contiene. E volendosi discendere senza gettar via gas, si deve fare in modo come si caricasse il sistema di un peso compreso tra quelli di 1000 a 2000 grammi per ogni 100 metri cubici, di cui è capace l'aereostato, ad ogni 100 metri di discesa, poichè il peso si deve aumentare con certa progressione quanto più l' aereostato si avvicina a terra.

Se un corpo oscilla intorno un punto fisso, esso si pone in *equilibrio stabile* allorchè il suo centro di gravità sta sulla verticale che passa per quel punto, e sta al di sotto del punto stesso. Ed è in *equilibrio stabile* perchè smosso da quella situazione tende sempre a ritornarvi.

I corpi immersi ne' fluidi stanno in equilibrio stabile allorquando il loro centro di gravità si trova sulla verticale che discende dal centro di pressione, che è il loro centro di sospensione. E l'equilibrio è tanto più stabile quanto più il centro di gravità è situato sotto il centro di sospensione. . .

Or mi convien dire della statica della mia *aereonave.* Essa è congegnata in modo che l' aereonauta ne tiene, per così dire, in sua mano il centro di gravità, e come vuole facilissimamente lo sposta rispetto al centro di sospensione, e così fa scorrere l'aereonave, che ha la figura di uno speciale fuso, in su in giù lungo superficie aeree variamente inclinate all'orizzonte, così come l'asse dell'aereonave dalla direzione orizzontale passa se vuolsi alla verticale. Per tali movimenti essa è simile agli animali che vivon nell'aqua in quanto si muovono per dirigersi in alto od in basso, con la differenza che questi nel moto spostano principalmente il centro di pressione rispetto al centro di gravità, come fanno pur gli augelli allorquando volano obliquamente all'orizzonte : l'aereonauta nell'aereonave sposterebbe invece il centro di gravità rispetto al centro di pressione. Ben s'intende poi, che come que' pesci che vanno più velocemente compongono tutti i loro sforzi al moto direttamente secondo la colonna vertebrale, così deve l' aereonave muoversi per una forza direttamente applicata secondo il suo asse, e sempre sarà secondo la direzione che a questo si vuol dare.

Io non so di alcun aereonauta teoretico o pratico il quale abbia pensato allo spostamento di questi due punti, la situazione dei quali è importantissima alle varie direzioni in alto od in basso che devono prendere i corpi mossi nei fluidi. Nel fatto meglio dimostrerò la grandissima superiorità della mia aereonave sopra ogni altro aereostato dirigibile; ed appunto per aver trovato modo di soddisfare a questa condizione, e per aver saputo applicare la forza impellente secondo l' asse dell'aereostato, l'aereonautica si dirà conseguita.

I fluidi in grandi estensioni, com' è l'aqua ne'mari, l' aria nell'atmosfera, si dicono *mezzi fluidi indefiniti.* L'aqua e l'aria si dicono *fluidi perfetti*, perchè possono essere penetrati in tutti i sensi dai navigli, dagli aereostati.

Se in un mezzo fluido indefinito figuriamo con la mente una massa d' esso, questa si comporterà come il fluido che la circonda, vale a dire, se il fluido è fermo essa starà ferma; se è in moto, essa sarà in moto con esso: non vi è ragione alcuna per supporre che quella massa si muova più del fluido che la circonda, nè meno d'esso. Si potrà ammettere, per l'inerzia della materia, che ad ogni cambiamento di moto, o nel passaggio dal riposo al moto, le molecole urtate nei primi istanti non seguano precisamente il moto delle urtanti; ma dopo pochi istanti, esse si muoveranno insieme alla massa che le circonda; epperò ciascuna molecola della massa figurata, e le molecole del fluido che quelle circondano, si possono ritenere come punti dallo stesso sistema in movimento, e sono gli uni rispetto agli altri come se fossero in quiete.

Se nel luogo di quella massa di fluido, che abbiamo figurato, imaginiamo un corpo di eguale superficie che la sosti.

toisca; se esso corpo è come quello sorretto dal fluido circostante, egli è chiaro, che nell'insieme esso si comporterà, rispetto il passaggio da uno ad altro luogo, come si comporterebbe quella massa. Con altro ragionamento, un corpo per sè inerte, che si trova immerso in un fluido, deve muoversi insieme con le molecole del fluido che lo circondano, poichè se va più o meno velocemente ne urta alcuna, e quell'urto richiede uno sviluppo di forza, che esso non può sviluppare non avendone sorgente alcuna.

In conclusione: "un corpo immerso in un fluido indefinito s'incorpora col fluido e viene trasportato nello spazio insieme al fluido che lo circonda.,,

Questa teorica si rende evidente ne' fatti che seguono. Nel mezzo di un ampio fiume si gettino de'corpi di varie forme, in modo che rimanendo immersi si veggano trasportati dalle aque, e dopo pochi istanti si osserveranno, se muovonsi liberamente con l'aqua, sempre alle loro distanze rispettive, epperò restano come incorporati con la massa dell'aqua nella quale sono immersi. Alcuni aereonauti essendo nell'aria gettarono in essa delle manate di pezzettini di carta, delle piume, ed osservarono che per quanto grande fosse il vento che trasportava il loro aereostato, quei pezzetti di carta, quelle piumette rimanevano intorno alla navicella conservando le stesse distanze, e se discendevano la seguivano nel suo corso. Altri accesero delle fiammelle, e queste mai segnarono soffio di vento.[1] Epperò gli aereonauti sugli aereostati liberi nell'atmo-

---

1) Gaston Tissandier, *En ballon pendant le siège de Paris*. 1871.

Voyages aériens par MM. J. Glaisher, C. Flammarion, W. de Fonvielle. G. Tissandier: un bellissimo volume, che si può dire l'epopea dell'aereonautica, publicato da Hachette. Paris, 1870.

sfera, non sentono mai corrente d'aria per quanto grande sia la tempesta dei venti, purchè cioè l'aereostato non s'innalzi o s'abbassi per situarsi in certo strato dell'atmosfera in cui un volume d'aria ad esso eguale pesa quanto quello pesa.

I corpi immersi nei fluidi, che si muovono indipendentemente dal moto de'mezzi fluidi in cui sono, urtano delle molecole, alle quali comunicano un movimento, epperò essi incontrano delle resistenze, e di queste or discorreremo.

La determinazione delle resistenze che incontrano i corpi di varie forme mossi nei mezzi fluidi indefiniti, presenta delle grandissime difficoltà sia alle considerazioni teoretiche che alle esperienze pratiche. Newton, al quale dobbiamo dopo Galileo i primi studî esatti e le prime accurate esperienze, enunciò il principio: "Un corpo che si muove con moto uniforme di translazione in un fluido in riposo, incontra una resistenza proporzionale al peso di un cilindro del fluido, che ha per base la sezione retta del cilindro circoscritto al corpo, parallelamente al movimento, e per altezza quella dovuta alla velocità con la quale si muove il corpo.,,

E per vero, un corpo passando dal luogo A al luogo B in un mezzo fluido indefinito, che è immobile, si muova con moto uniforme di translazione, essendo v la velocità in ogni secondo del tempo t. Ciascun punto di quel corpo avrà quindi percorso uno spazio vt, come si ha dalla meccanica, ed il corpo sarà passato per uno spazio il cui volume corrisponde a quello del cilindro circoscritto al corpo parallelamente al movimento, con le generatrici di lunghezza vt. Detta a l'area della sezione retta di questo cilindro, il suo volume è avt, come si ha dalla geometria. Il corpo per muoversi nel fluido ha dunque spostato un insieme di molecole il

cui volume è *avt*, ed ha comunicato ad esse una velocità v. Detto p il peso dell'unità di volume del fluido, la forza viva totale di queste molecole spostate è, come dalla meccanica, $\frac{1}{2} \frac{p}{g} avtv^2$.

Le molecole avranno quindi subito una pressione, epperò un lavoro equivalente a quella forza viva. Detta R la pressione, il lavoro è Rvt, per cui si ha $Rvt = \frac{1}{2} \frac{p}{g} avtv^2$, da cui risulta $R = pa \frac{v^2}{2g}$. Or ricordando che la quantità $\frac{v^2}{2g}$ è precisamente l'*altezza dovuta alla velocità* v del corpo, che si indica con h, egli è $R = pah$. Ed R può misurarsi in chilogrammi per qualsivoglia corpo o per corpi simili facendosi $R = K pah$, essendo K quel numero costante, che dipende soltanto dalla forma del corpo che si muove nel fluido.

Questa teorica, ammessa dalla generalità degli idraulici, con grande chiarezza si legge nella *Introduction à la Mécanique industrielle* di J. V. Poncelet.

Abbiamo quindi: " che se due corpi di eguali figure, l'uno immerso nell'aqua l'altro negli strati inferiori dell'aria, mossi da forze dirette nello stesso modo rispetto alle figure di essi corpi, vanno con eguale velocità; i lavori prodotti da queste forze stanno fra di loro come 800 sta ad 1, giacchè in media la densità dell'aqua sta a quella dell'aria come 800 sta ad 1.,,

Epperò, se un battello sottomarino per una macchina di 800 cavalli-vapore fa 50 chilometri all' ora di moto proprio, una aereonave di figura eguale a quella del battello messa in moto nello stesso modo, farà 50 chilometri all' ora di moto proprio pel lavoro di 1 cavallo-vapore.

La regola enunciata si applica soltanto a corpi eguali, similmente mossi, e fra lor si possono confrontare le velocità

che avranno i corpi simili, similmente mossi, poichè essi ammettono lo stesso coefficiente di riduzione K; ma non si possono scriver in una formola le velocità che avranno corpi differenti di forma o differentemente mossi, avessero pur egual volume. E fino ad ora, l'esperienza sola può farci conoscere con sufficiente precisione le modificazioni della resistenza per ciascuna forma speciale del corpo che si muove in un fluido.

Le esperienze fatte a Metz dai signori Robert, Morin, Didion e da Piobert, osservatori coscienziosissimi, con piani sottili, mossi nell'aqua e nell'aria, verificarono che le resistenze di superficie eguali, mosse egualmente nei due fluidi, stanno appunto come le densità de'mezzi, e che queste non dipendono dalle forme dei contorni de'piani, le stesse rimangono siano essi triangoli, quadrati o circoli. E precisamente dalle formule di quegli abilissimi sperimentatori si avrebbe, che se un piano mosso nell'aria perpendicolarmente alla direzione del moto richiede il lavoro di 1 cavallo-vapore, mosso invece similmente nell'aqua richiede per muoversi con la stessa velocità 1405 cavalli-vapore.

Ma quelle esperienze quantunque fatte con grandissima cura non vanno esenti da critiche, ed in vero altri diligentissimi fisici ci danno dei risultati alcun poco divergenti. Da un rigoroso esame di tutte le fatte osservazioni possiamo però concludere, che le resistenze che incontrano due corpi eguali mossi egualmente l'uno nell'aqua l'altro nell'aria, nei quali fluidi sono immersi, stanno nel rapporto di 1000 ad 1.

Dubuat fece con molta cura gli esperimenti delle resistenze che incontrano i prismi ed i cilindri mossi nell'aqua e nell'aria secondo le direzioni dei loro assi, e trovò che quando

questi sono poco alti le superficie laterali non hanno alcuna azione sulle resistenze incontrate dai piani delle loro basi: e determinò un certo limite tra il rapporto della superficie della base con l'altezza, dopo il quale pel crescere di questa, crescono le resistenze. Questo aumento di resistenza è dovuto al fregamento del fluido sulle pareti laterali, che aumenta con la maggiore estensione d'esse, ed aumenta anche con la pressione che va scemando al di dietro del corpo che si muove, quanto più in esso quelle superficie si allungano rispetto la superficie urtante il fluido.

Facilmente puossi giudicare dalla semplice osservazione fatta da ognuno, che la forma della parte anteriore del corpo, che si muove in un fluido, cioè della *prua*, esercita una grandissima azione secondochè essa è più o meno accordata con le faccie laterali; imperciocchè l' acutezza della prua favoreggia, per sè stessa, lo scorrimento del fluido lungo la sua superficie, diminuendo gli effetti di una deviazione troppo brusca: ed una conveniente forma data alla prua in accordo con le faccie laterali del corpo permette al fluido di scorrere progressivamente lungo quelle superficie con un movimento ad esse parallelo, e si tolgono così quasi interamente que' vorticetti che avvengono altrimenti con grave perdita del lavoro sviluppato dalla macchina che tende ad imprimere il moto a quel corpo che si muove nel fluido. — L'effetto della forma del di dietro del corpo che si muove in un fluido, *della poppa*, è meno sensibile di quello della prua, poichè essa non può favorire il passaggio del corpo nel fluido, nè può impedire la formazione dei vorticetti, nè modificare il movimento del fluido lungo i fianchi del corpo; ma, come ben si vede dalle esperienze di Dubuat, avendosi

una diminuzione di pressione al di dietro al crescere dello appiattamento della poppa, questa quant'è più piatta tanto più fa rinculare il corpo.

Dubuat verificò, che se un cilindro retto, a base circolare, mosso in un fluido da una forza diretta secondo il suo asse incontra una resistenza che diciamo 1, richiedendo quindi per l' unità di spazio un lavoro 1, basatavi a prua una semisfera, la resistenza si riduce quasi ad $\frac{1}{3}$ e così il lavoro; e sensibilmente minore si fa la resistenza se anche la poppa terminasi ad emisfero. Altri sperimentatori verificarono quelle esperienze e ritennero in generale, che un globo il quale si muove in un fluido riduce ad $\frac{1}{3}$ quella resistenza che incontrerebbe la sezione massima di quel globo mossa da una forza perpendicolare ad essa superficie piana nel suo centro.

In una interessantissima Memoria di M. Bourgois, si veggono le grandissime difficoltà che s'incontrano nelle determinazioni di queste resistenze, poichè il coefficiente K della formula $R = K pah$ varia non solo al variare della forma e delle proporzioni del corpo che si muove in un fluido; ma varia pur con le differenti velocità con le quali esso si muove. Alle stesse conclusioni pervennero i signori Macneill e John Russell esperimentando que' battelli che presentano la minor resistenza al moto.

M. Dupuy de Lôme, la cui autorità nella scienza e nell'arte navale è riportata in più argomenti da tutti i migliori trattatisti, nella sua Memoria di un progetto d'aereostato dirigibile ad elice, inserita nei *Comptes rendus* del 17 ottobre 1870, discorrendo della resistenza che incontreranno nel moto attraverso l' aria le diverse parti del suo aereostato dice:

"Ben si sa che la pressione di una corrente d'aria, come di una corrente d' aqua, diminuisce grandissimamente allorquando queste correnti non hanno che a secondare de'solidi formati in modo che facilitano il movimento del gas o del liquido intorno ad essi.,,

"Lo studio delle navi ci ha fornito a questo riguardo dei dati numerosissimi, che mancano ancor per l'aria. Tuttavia, i dati relativi al movimento delle masse aquose intorno ad un corpo immerso nel loro seno possono fornirci un mezzo per stimare almeno il limite inferiore del coefficiente di riduzione tra la resistenza dei piani sottili sottoposti perpendicolarmente ad una corrente d' aria, e quella di questi corpi con la sezione maestra eguale in superficie al piano sottile, ma configurati in modo da facilitare la divisione dell'aria sul dinanzi, e la sua congiunzione al di dietro.,,

"Fra le navi paragonabili all' aereostato portatore in discorso, considerati gli angoli d' incidenza della corrente sul dinanzi, i raggi di curvatura delle sezioni longitudinali, ed in fine gli angoli d'incidenza nel ricongiungimento del fluido al di dietro, si avrebbe certamente la riduzione ad $\frac{1}{40}$ della resistenza riferita alla sezione maestra, se questa come un piano sottile si movesse incontrando perpendicolarmente il fluido. Vi sono delle navi in cui tal rapporto si riduce a meno di $\frac{1}{80}$.,,

"È facil cosa verificare questa asserzione paragonando nei diversi navigli a ruote con pale la velocità rispettiva del naviglio e delle pale in rapporto all' aqua, come pure la superficie delle pale da una parte e la sezione maestra dall'altra.,,[1]

---

1) Questo studio può farsi abbastanza facilmente coi dati degli elementi dell'esperienza di 438 battelli a vapore (*steamers*) registrati in tabelle nell' opera di Ledieu, *Traité élémentaire des appareils de navigation*. Paris, 1862.

"Ciò posto, non sarebbe egli giusto di ritenere che l'aereostato, del quale ragioniamo, presenti egualmente una resistenza nel moto in aria, che si riduce ad $\frac{1}{10}$ di quella del piano sottile corrispondente alla sezione maestra, *posto che potesse conservare la forma regolare del disegno?* Ma quest'ultima ipotesi non è realizzabile: bisogna ricordare che l'aereostato, sotto la pressione della sua rete, presenterà delle superficie più o meno convesse tra le sue maglie. Volendosi tener conto della deformazione parziale della superficie geometrica, che si converte in una quantità di piccole ondulazioni, stimo che si attribuirà ad esse una larga influenza, se si raddoppierà la resistenza calcolata.,,

"Per la navicella, le forme sono egualmente studiate in modo da favorire il suo passaggio nell'aria per quanto lo permettono le esigenze della sua funzione; ma poichè essa non avrà una superficie liscia, ed i raggi di curvatura sono piccoli, e poichè porta degli uomini e degli oggetti che non hanno una forma ben definita, così egli è prudente cosa di portare il coefficiente di riduzione ad $\frac{1}{5}$. [1] ,,

"In quanto alle corde delle reti ed alle altre, essendo esse tutte di piccol diametro, ho portato il loro coefficiente di riduzione in rapporto alla superficie piana ad $\frac{1}{2}$. ,,

Ma nella seconda Memoria letta all'Academia, addì 5 febraio 1875, diceva: "L'aereostato munito della camicia, che sostituisce la parte superiore della rete, presentando, allorchè sarà ben gonfiato, una superficie liscia, secondo la forma disegnata, che è propria a favorire la divisione

---

1) La resistenza che incontra un uomo, la cui sezione è di $0^{mq},60$, che si muove in aria tranquilla, è $R = 0,024\ V^2$, così Borda.

dell'aria sul dinanzi, ed a facilitare il ricongiungimento al di dietro, la resistenza al movimento nell'aria non dev' essere stimata più della *trentesima* parte del piano sottile.,,

Haenlein calcolò la resistenza del suo aereostato ellissoidale nel movimento in aria come $\frac{1}{60}$ di quella che avrebbe il piano sottile della sezione maestra mosso, ben s'intende, come si muove nel corpo dell'aereostato; ma per le bozze che avvenivano tra le maglie della rete la ritenne due ed anche tre volte maggiore.[1]

Il Sig. Helmholtz, professore di fisica nell' università di Berlino, in una sua Memoria di aereonautica [2] tratta la teorica del lavoro necessario alla propulsione dei palloni dirigibili partendo dalle equazioni differenziali dell'idrodinamica, e queste integra nel caso dell'aqua e poi cerca di applicarne i risultati al caso dell'aria dopo aver effettuato il relativo cambiamento delle variabili indipendenti. Le nuove variabili, relative all' aria, sono legate da una serie di equazioni di condizione, e ne determina il valore numerico con profonda scienza, paragonando le proprietà fisiche dell' aqua con quelle dell'aria. Egli arriva a questa conclusione che, per dare all'aereostato una velocità di 30 chilometri all'ora bisognerebbe spendere *il cinque per cento* della forza motrice necessaria per ottenere una velocità di 21 chilometri all'ora con un grande battello a vapore *(steamer)* della marina prussiana; e soggiunge, che il volume di questo aereostato

---

1) *Der pratische Maschinen-Constructeur*, Zeitschrift. Leipzig, 1871 n. 1.

2) H. Helmholtz, Considerations theoriques sur le travail nécessaire pour la propulsion des ballon dirigeables, traduites de l'allemand, par M. Baumfeld. *L'Aéreonaute*, 1874.

potrebbe essere grande da eguagliare *quarantadue* volte lo spostamento dello *steamer*.

In quella Memoria non risulta però abbastanza chiaro se l'aereostato nelle sezioni dei meridiani, de' quali la comune intersecazione dovrebbe corrispondere alla direzione della forza impellente, debba avere una superficie simile a quella segnata dal livello dell'aqua nella carena del bastimento sul quale il Sig. Helmholtz per incarico del suo Governo pare abbia fatto le esperienze.

Io credo che in questo caso non si debba partire dalle generalissime equazioni differenziali della idrodinamica; ma invece si debba procedere dalle esperienze, che valgono alla determinazione del coefficiente K con aereostati simili a quello che vuolsi costruire, e da quelle che valgono alla determinazione della spinta, secondo l'asse, prodotta dall'elice che deve muovere l' aereonave. Queste esperienze sono sempre costosissime per un professore liceale, della classe inferiore, poco favorito dalla fortuna, ed io, a prezzo di molte ristrettezze e privazioni, le feci con più aereostati, l'uno dei quali era capace di ben 10 metri cubi di gas idrogene, e giudicai K non inferiore ad $\frac{1}{60}$ per la forma fusiforme da me adottata.[1]

1) Quest' aereostato capace di 10 m. c. è di tela finissima di cotone, che si dice pelle d'uovo; compreso l'elice del diametro di due metri, il grave di un chilogramma, che discendendo lo poneva in moto tirando un cordoncino, la navicella ecc., pesa 6 chilogrammi. In un secondo esperimento fuggì dalle mani di due giovinetti che mi assistevano, e volando arrivò di notte ad una campagna, circa 8 chilometri da Rovigo, alla Fratta, ove dai contadini fu da prima creduto un mostro alato, e per fermarlo a terra e per vedere poi com' era congegnato, così malconcio lo ebbi, che ora com' è non può servir bene.

Elici poi ne ho costruiti più di una ventina, uno dei quali a quattro ali misurava nel diametro sei metri, ed ora altro ne esperimento a tre ali col diametro di otto metri, e questo verrà mosso da una bellissima macchina a gas ammoniaco della forza di circa un cavallo-vapore, a due cilindri con espansione. Essa viene costruita con grande cura dal signor Maestro della fonderia Neville a Venezia, dalla quale ebbi pure l'apparato per la liquefazione del gas ammoniaco. Sono esperienze difficili e per le costruzioni degli elici che col minimo peso devono avere la rigidezza necessaria a non sformarsi. E vogliono esser ben congegnate le impalcature sulle quali si fanno girare quegli elici, che devono permettere e la misura del lavoro effettuato dalla macchina motrice all'albero dell'elice, e la misura dello sforzo che quel lavoro produce nella direzione dell'asse.

Da queste esperienze ho raccolto, che l' aereonave da me architettata, capace di due aereonauti, andrà nell' aria per la forza di quella mia macchina motrice, che va applicata all' albero dell' elice, con una velocità propria di non meno che 40 chilometri all'ora.

Nelle fatte considerazioni del movimento de'corpi ne'fluidi si ammette che la forza impellente il corpo sia diretta secondo la risultante delle resistenze, come avviene ne' carri tirati da animali o dalla forza del vapore. E perchè le forze de' motori si esercitano sia nei carri come ne' battelli a vapore, parallelamente alla linea mediana della lunghezza del corpo messo in moto, e perchè in quella appunto si compone la loro risultante, le ruote de' carri non consumano alcun lavoro per tenersi in carreggiata, nè i fianchi dei navigli sprecano punto la forza esercitata dalla

macchina motrice. Nè alcuno volle mai fare altrimenti, risultando chiara la grande perdita di forza che si avrebbe nel movimento. Nè alcun meccanico navale pensò mai di esperimentare quanto grande sia la perdita di forza viva che si avrebbe rimorchiando una nave con un sistema di funi legate a prua, a poppa, alle sponde, e congiunte ad un rimorchiatore che andrebbe di fianco alla nave mantenendosi ad una data distanza: nè alcun esperimentatore si propose mai la determinazione della perdita di forza che si verificherebbe se si volesse muovere una nave con un battello sottomarino ad elice, legato tutto intorno a quella nave, invece cioè di applicare l'asse dell'elice direttamente in coincidenza con la risultante delle resistenze. — In questa sfavorevolissima condizione si trovano appunto tutti gli aereostati dirigibili sperimentati fino ad ora dagli altri. M. Dupuy de Lôme non seppe far altrimenti che tenere l'elice a ben 20 metri sotto l'asse dell' aereostato, e spera che nelle piccole velocità l'asse dell'elice si mantenga a quello parallelo. Nè M. Giffard, nè il Signor Haenlein seppero far meglio di M. Dupuy; anzi si trovavano in condizioni molto più sfavorevoli poiché non posero il grande studio che spiegò il valentissimo ingegnere navale nel sistema delle funi che congiungevano la navicella all'aereostato, per le quali egli appunto sperava di essere riuscito a soddisfare *nelle piccole velocità* a quella condizione essenzialissima a scemare le perdite di forza viva.

Bisogna adunque, entro ad un involucro che uno spillo può ferire gravemente, saper congegnare una ossatura solida e leggerissima, sulla quale la forza possa prendere il punto d'appoggio, ed esercitare vigorosamente la potenza: bisogna che questa parte rigida, essendo sospesa nell'interno,

non possa nuocere nè per le ondulazioni dei fluidi, nè per le evoluzioni che dovrà subire il meccanismo; bisogna che questo sistema di ossatura tenga fermo il motore che deve dar la vita a tutto il sistema; bisogna che quella ossatura, simile alle colonne vertebrali de'pesci, si diriga facilissimamente come vuolsi dirigere l'aereonave; bisogna che intorno a quella colonna simmetricamente si distenda l'aereostato, così che col massimo volume abbia sempre ad incontrare la minima resistenza al moto impresso dalla macchina impellente; bisogna che l'aereostato sia congegnato in modo che si possa far discendere la macchina motrice alla navicella, ma senza alcun inconveniente, come fosse un movimento naturale, allorquandò la macchina richiede alcuna cosa, come sarebbe l'unto alle membrature, ecc.; bisogna in fine, che tutto il sistema con la massima stabilità e col minimo peso presenti al moto la minima resistenza.

Tuttociò mi proposi di fare, e spero aver fatto. Queste cose si veggono in parte descritte in una memoria col titolo *il problema dell'aereonautica*, che publicai nel 1872, a Padova, co'disegni illustrativi. Quel mio studio fu giudicato poco dopo dal Comitato del Genio Militare con queste parole: *Il sistema ideato da V. S. poggia sopra alcune idee che sembrano nuove, e di natura a rendere più probabile la soluzione, e se non completa, più approssimata delle precedenti dell'arduo problema.* E da quell'epoca ad oggi molti miglioramenti apprestai alla mia aereonave, così che spero ottenere dagl'illustrissimi Membri dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere il premio Cagnola.

CAPITOLO II°

Le esperienze di aereonautica

In China, nel XVI. secolo Yuen-Thai raccolse ne'suoi libri la leggenda di un bramino, il quale si sarebbe innalzato nell'aria mediante un aereostato ad aria riscaldata; quest' arte gli sarebbe stata insegnata ne' suoi pellegrinaggi da un religioso samaneo. Le parole che si riferirebbero a questo fatto sono:

"Il religioso prese un sacco formato di pelli cucite insieme con grande cura, e così fine che parevano trasparenti.,,

"Vi accese nel sacco una grande treccia di paglia, e posene sotto la sua cintola in fastelli.,,

"Egli attaccò quindi il sacco alle sue spalle e s'innalzò nell'aria come un uccello.,,

"Mentre si aggirava nell'atmosfera, teneva acceso il fuoco che bruciava nel sacco, mettendovi quelle treccie che portava sotto la cintola.,,

"Egli cessò in fine di alimentare il fuoco.,,

"E discese dalle sublimi regioni.,,[1]

I chinesi non approfittarono però mai di questa tradizionale invenzione.

La *barca volante* del celebre padre gesuita Francesco Lana bresciano[2] è per vero fantasticamente imaginata;

---

1) *Sse-kon-thsiouen-chou-tsong-motiyas*, libro CXXXVI., trad. di M. Julien.

2) *Prodromo dell'Arte Maestra*, capo V. Brescia, 1684.

volare nell'aria. Pare inoltre che sia stato confuso con un certo portoghese, Bartolomeo Laurenço, il quale appunto nel 1736 avrebbe fatto l'esperienza di un paniere che s'innalzò in aria fino all'altezza della torre di Lisbona.[1] Egli poi domandò al re il privilegio della costruzione di una macchina volante, che veniva rappresentata sotto la forma di un uccello fantastico. E come era una completa fantasia meccanica, ebbe poi la realtà dei sogni.

Noi italiani possiamo pur affermare che un globo aereostatico costruito a Londra da un nostro nazionale, Tiberio Cavallo, con carta ricoperta d'intestini, pieno d'idrogene, due anni prima delle esperienze dei Montgolfier, saliva in aria.[2]

Ma l'esperienza che mosse veramente i scienziati allo studio dell'aereonautica si fu quella de' fratelli Montgolfier avvenuta ad Annonay, in Francia, addì 4 giugno 1783.

Que' due fratelli, Stefano e Giuseppe, che si aiutavano vicendevolmente nelle loro ricerche scientifiche e nelle imprese meccaniche, meditando eglino sopra le cause della sospensione e dell'equilibrio delle nubi, delle loro ascensioni e degli altri movimenti, vollero imitare la natura componendo delle nubi artefatte. Pensarono quindi di rinchiudere il vapore d'aqua in un involucro leggerissimo di carta, ma abbastanza resistente alla maggior espansione del vapore. Costrutta una di queste nubi artificiali, essa s'innalzò nell'aria, ma cadde dopo pochi istanti per la condensazione del vapore, poichè

---

1) David Bourgeois, *Recherches sur l'art de voler.* Paris, 1784.

2) Cavallo, *History and pratice of Aëreostation.*
Saturday Magazine, n. 63.
Nicolson, *Introduzione alla Filosofia naturale.* Firenze, 1800.

l'involucro del globo quanto più diveniva bagnato tanto più si faceva grave. Nè miglior successo ebbero dal fumo che cacciarono entro un pallone di tela.

In quel tempo il celebre chimico Priestely in Inghilterra faceva conoscere un buon numero di nuovi gas, e discorrendo delle loro proprietà generali, disse pure de' loro pesi. Stefano Montgolfier venne a conoscenza di questi studî, e mentre ritornava a casa da Montpellier, montando la Serrière fu colpito dall' idea di elevare i corpi nell'aria mediante un gas men pesante d'essa, rinchiuso in un leggerissimo involucro. Arrivato a casa si affrettò di comunicare il suo pensiero al fratello, che l'accolse con trasporto di piacere, e tosto si occuparono a cercar modo di rinchiudere in un pallone di carta leggerissima il gas idrogene, che è 14 volte più leggero dell'aria. Ma la carta senza alcun altro preparativo è permeabile da quel sottilissimo gas, e quello fuggendo lasciava il posto all'aria, epperciò il globo dopo pochi istanti discendeva a terra. Per questo inconveniente, al quale non pensarono di riparare, e perchè l'idrogene era allor difficile ad ottenersi, e riusciva molto costoso, eglino abbandonarono quel procedimento.

Dopo aver tentati altri gas e vapori, i due fratelli pensarono alla elettricità, che eglino consideravano come la causa della ascensione e dell'equilibrio delle nubi, e cercarono di comporre un fluido misto che avesse quelle proprietà elettriche che supponevano capaci di sollevarlo in alto. Credettero formare un tale fluido bruciando della paglia umida mista a lana e ad altre materie animali; e fu caso accidentale che riscaldata convenientemente l'aria entro al pallone, nel quale volevano raccogliere que' fumi, questo s' innalzasse rapidamente.

I due fratelli credettero invece che il fenomeno si dovesse ripetere alle desiderate combinazioni, ed i loro ammiratori fecero eco a tali idee, dando a quella mescolanza gasosa il nome di gas montgolfiero [1].

De Saussure pensava intanto esser ben diversa la cagione dell'ascesa di que' palloncini, e disse doversi spiegare con la dilatazione dell'aria riscaldata, che fattasi più leggera di quella circostante al pallone, per legge d'equilibrio de' fluidi, innalzava l'aereostato a que' strati nei quali un volume d'aria eguale a quello del pallone pesava quanto questo con quell'aria dilatata.

Il giudizio del fisico ginevrino mosse una calorosa discussione tra gli scienziati, ed egli pensò di dar termine con una esperienza assai concludente. Prese un piccolo pallone di carta, aperto nella sua parte inferiore, e vi introdusse, con destrezza, un ferro arroventato, tenendo con la mano l'impugnatura. Subito il palloncino si gonfiò, riversando per la bocca l'aria che dilatandosi non poteva esser contenuta in quell'involucro, e poi s'innalzò fino alla vôlta della sala ove faceva l'esperienza. E tutti rimasero persuasi che la causa dell'innalzamento di que' globi è la rarefazione dell'aria effettuata dal calore.

I fratelli Montgolfier corressero quindi le loro idee, e col nuovo principio, ad Avignone, nel novembre 1782, Stefano fece innalzare in aria un parallelepipedo vuoto, di seta, capace di 2 metri cubi d'aria riscaldata; e vide, con gioja facile a comprendersi, quel corpo innalzarzi nell'aria e starsi

---

1) Figuer, *Les Merveilles de la Science.* Paris, 1868. Di quest'opera or mi giovo principalmente.

aderente per alcuni minuti alla vôlta della sua stanza. Ritornato ad Annonay ripetè l'esperienza col fratello a cielo aperto.

Incoraggiati da questi risultati i due fratelli costruirono un pallone capace di 20 metri cubi d'aria; e la nuova esperienza riuscì perfettamente; l'aereostato s'innalzò con tanta forza che si ruppero le corde che lo tenevano legato a terra, e ridiscese dopo essersi elevato a circa 300 metri di altezza.

Fatti esperti di queste esperienze vollero farne una prova solenne nella piazza d'Annonay per assicurare ai posteri la loro invenzione. Questa esperienza avvenne addì 4 giugno 1783 alla presenza di tutti i loro concittadini, che stupefatti ammirarono ed applaudirono la bravura dei due fedelissimi fratelli. Quell'aereostato era fatto di tela con carta incollata, e misurava 12 metri lungo il diametro. In 10 minuti s'innalzò all'altezzza di 500 metri, ma siccome molta parte dell'aria calda se ne fuggia per la porosità dell'involucro, discese ben presto lentamente a terra.

L'Academia delle Scienze fece plauso al genio dei Montgolfier, ed inviò a loro, per aver esatte notizie, una commissione composta di que' celebri ingegni che erano Lavoisier, Cadet, Condorcet, Desmarates, l'abate Bossut, Brisson, Leroy e Tillet.

Stefano Montgolfier fu invitato a Parigi, e l'Academia conservandosi, come sono tutti i corpi academici, tarda a nuove imprese, gli promise soltanto i mezzi per ripetere e migliorare le esperienze.

Faujas de Saint-Fond, brillantissimo professore di fisica a Parigi, impaziente di ogni indugio al progresso delle scienze; aprì una sottoscrizione per provedere alle spese di tale esperimento. Dieci mila franchi furono raccolti in pochi giorni,

sciarla partire poichè il re desiderava vedere l'esperimento ripetuto a Versailles. La pioggia intanto si fece violenta, ed il vento soffiava furiosamente; gli sforzi fatti per ricondurre l'aereostato a terra lo stracciarono in più luoghi, l'aquazzone levò via la carta dal tessuto, e tutta la macchina riuscì guastata.

Il re richiedeva intanto pel 19 settembre a Versailles una nuova esperienza. Montgolfier aiutato dai suoi amici si mise quindi a l'opera di un nuovo aereostato, e in cinque giorni fu fatto un globo di cotone, colorato a tempera in azzurro e con ornamenti d'oro. L'altra macchina aveva costato un mese di lavoro.

Il nuovo aereostato venne gonfiato a Versailles nella gran corte del castello. In una navicella di vimini vennero chiusi un montone, un gallo ed un'anitra, che dovevano essere i primi viaggiatori aerei. Ad un'ora pomeridiana una scarica di moschetteria avvertì quasi tutti i parigini, accorsi ad ammirare la nuova invenzione, che la gran macchina si apparecchiava pel suo volo; ad una seconda scarica si annunciò che la partenza era prossima, alla terza le corde furono recise: e l'aereostato s'innalzò maestosamente fra le acclamazioni della immensità della gente accorsa a quel grandioso spettacolo. Ma una fenditura di sette piedi, avvenuta per un colpo di vento nel momento della partenza, impedì all'aereostato di mantenersi a lungo nella grande altezza che aveva raggiunto, e dieci minuti dopo cadde a due leghe da Versailles.

Il primo che accorse a liberare il pallone dagli alberi fra i quali era caduto, ed a vedere come si trovavano gli animali viaggiatori, si fu Pilâtre de Rosier, un giovane appassionatissimo di tutte le imprese scientifiche, le quali infine gli riuscirono a martirio ed a gloria.

Dopo queste prime esperienze si pensò di ridurre i palloni in apparecchi per la navigazione aerea. Stefano Montgolfier si pose quindi alla costruzione di un nuovo aereostato che doveva portar seco i viaggiatori. Esso misurava nell'altezza ben 20 metri, e nella sezione massima il diametro era di 16 metri; cosicchè poteva contenere circa 20000 metri cubi d'aria riscaldata. Sotto il pallone pendeva un ballatojo circolare di giunchi, vuoto nel mezzo, circondato da due balaustrate, l'una interna l'altra esterna, a riparo degli aereonauti che dovevano montare in esso. La bocca dell'aereostato, che si trovava nel mezzo del ballatojo, era interamente libera, e sotto ad essa, sopra una graticola, doveva ardere quella materia infiammabile, la cui combustione avrebbe mantenuto calda l'aria entro l'aereostato.

Quantunque fossero state fatte alcune felici prove di gonfiamento e di ascensioni limitate da grosse funi che legavano l'aereostato a terra, Montgolfier esitava di lasciar partire Pilâtre de Rozier, che voleva avere l'onore di essere il primo a tentare la navigazione aerea. E per vero, erano appena passati quattro mesi dopo la prima esperienza di Annonay, nè si avevano potuto ancor studiare le condizioni necessarie ad una felice ascesa, e discesa a pallone perduto. La valvola per diminuire l'ascesa, la zavorra per aumentarla non erano ancor pensate. E Montgolfier temeva assai, e con ragione, che il fuoco acceso sotto la bocca dell'aereostato si comunicasse al ballatojo ed alla tela del pallone, e le fiamme cadenti dal focolare potevano portare de' gravi incendî negli edifici sottoposti alla via percorsa dall'aereostato.

Ma l'intrepido Pilâtre ed i suoi ammiratori insistevano per la partenza, ed allora Montgolfier ricorse all'Academia delle

Scienze perchè pronunciasse il suo giudizio. La commissione dell'Academia, come par di regola per alcune Academie, pronunciò un giudizio che non ledeva le opinioni di alcuno.

Il re venne a sapere tutte queste difficoltà, e dopo un maturo esame si oppose all'esperienza, soltanto permetteva che la prova fosse tentata con due condannati, che avessero accettato di partire nel ballatojo, per esser poi liberi.

Pilâtre de Rozier s'indignò di tale proposizione: "E che! dei vili delinquenti avranno primi la gloria di innalzarsi nell'aria! No, no, ciò non sarà mai!„ Egli scongiurava ognuno a smuovere il re dal suo divieto.

Il marchese d'Arlandes, maggiore di un reggimento di cavalleria, insieme a Pilâtre aveva fatto giorni innanzi nelle prove una ascensione col pallone tenuto a terra da funi; ed egli lo invia al re. Il marchese dimostra che l'ascensione non presenta alcun pericolo, e come prova della sua affermazionè, si offre di accompagnare Pilâtre nel viaggio aereo. Luigi cedette alle insistenze che gli vennero fatte da tutte le parti, e diede il permesso tanto desiderato da quegli intrepidi sperimentatori.

Il giorno 21 novembre 1783, a un'ora pomeridiana, in presenza del delfino e del suo seguito, dalla Muette, nel giardino reale, Pilâtre de Rozier ed il marchese d'Arlandes partirono pel primo viaggio aereo.

Il marchese d'Arlandes raccontò poi quella avventura con una lettera diretta a M. Faujas de Saint-Fond, che riporto tradotta perchè interessantissima.

" Siamo partiti dal giardino della Muette a un' ora e cinquantaquattro minuti. La collocazione della macchina era così, che M. Pilâtre de Rozier si trovava all' ovest ed io all'est; la

direzione del vento era verso nord-ovest. La macchina, dicè il publico, si è innalzata maestosamente; ma a me sembra che ben pochi si sieno accorti che, nell'istante in cui essa sorpassava le spalliere di carpini, fece un mezzo giro intorno a sè stessa: per questo cangiamento, M. Pilâtre si trovò in avanti secondo la direzione presa, ed io, per conseguenza, fui di dietro.

Credo di far osservare, che da quel momento fino a che siamo discesi, abbiamo conservato la stessa posizione rispetto la linea percorsa. Io fui sorpreso del silenzio e del lieve movimento tra gli spettatori alla nostra partenza; credetti che sorpresi, e forse spaventati di questo nuovo spettacolo, avessero bisogno di essere rassicurati. Li salutai con la mano, e meschino si fu il successo; ma avendo sventolato il fazzoletto, allor m'accorsi di un grande movimento nel giardino della Muette. Mi sembrò che gli spettatori, sparsi in quel recinto, si riunissero in un solo gruppo, e che, seguendo un movimento involontario, tutti insieme ci seguissero verso la muraglia, la quale pareva il solo ostacolo che ci separava. In questo punto M. Pilâtre mi disse:

— Voi non fate nulla, e noi non ascendiamo più.

— Scusate, io gli risposi.

Allora posi un fastello di paglia sotto il fuoco, che ridestai un poco, e quindi subito ritornai al mio posto, ma non rividi più la Muette. Sorpreso, gettai lo sguardo sul corso del fiume: lo seguii coll'occhio; infine, scorsi il confluente dell'Oise. Ecco là Conflans, e così nominai le altre principali risvolte del fiume, Poissy, Saint-Germain, Saint-Denis, Sèvres; dunque siamo ancora a Passy o a Chaillot; e di fatto, guardando dal mezzo della macchina, vidi la Visitazione di Chaillot. M. Pilâtre allor mi disse:

— Vedete il fiume, e noi discendiamo.

— Ebbene, mio caro amico, fate fuoco.

E all'opera ci ponemmo. Ma invece di traversare il fiume, come pareva dalla direzione presa, costeggiammo l'isola del Cigno; rientrammo sul letto principale del fiume, e rimontammo fino al di sopra della chiusa alla Conférence.

Dissi al mio bravo compagno:

— Quel fiume là è ben difficile ad attraversarsi.

— Lo credo bene, voi non fate cosa alcuna.

— Ma io non sono così robusto come voi, e qui stiamo bene.

Smossi allor il caldano, presi con la forca un fascio di paglia, il quale, essendo, senza dubbio, troppo stretto, difficilmente prendeva fuoco; lo sollevai quindi nel mezzo della fiamma. All'istante io mi sentii sollevato come al disotto delle ascelle, e dissi al mio caro compagno:

— Questa volta egli è ver che ascendiamo.

— Sì ascendiamo, mi rispose, uscendo dall'interno, ove era, senza dubbio, per qualche osservazione.

In quel mentre intesi, verso l'alto della macchina, un rumore che mi fece temere si fosse schiattata. Guardai attentamente, e nulla vidi. Mentre aveva gli occhi fissi all'alto della macchina, sentii una scossa, ed è la sola ch'io abbia sentito.

La direzione del movimento era dall'alto al basso. Io dissi allora:

— Che cosa fate? Ballate forse?

— Io non mi muovo.

— Tanto meglio, dissi io; abbiamo una nuova corrente che ci caccierà fuori dal fiume.

In fatto, mi giro per vedere ove siamo, e mi trovai an-

cora tra la Scuola Militare e gli Invalidi, e già avevamo passato il fiume di circa quattrocento tese. M. Pilâtre mi disse:

— Noi siamo sopra la pianura.

— Sì, gli risposi, camminiamo.

— Lavoriamo, mi disse, lavoriamo.

Intesi quindi un nuovo rumore nella macchina, e lo credetti proveniente dalla rottura di una qualche corda.

Questo nuovo segno mi fece esaminare attentamente la nostra abitazione. Vidi che la parte rivolta verso il sud era tutta buchi rotondi, alcuni molto grandi. E dissi allora:

— Bisogna discendere.

— Perchè?

— Guardate, dissi io.

E nello stesso tempo presi la mia spugna; spensi facilmente quel foco che faceva alcuni buchi; ma come mi accorsi che poggiandomi per cercare se al basso la tela si tenesse ferma al cerchio al quale era avvolta, quella si staccava facilmente, ripetei al mio compagno:

— Bisogna discendere.

Egli guardò al basso e mi disse:

— Siamo sopra Parigi.

— Non importa, gli risposi.

— Ma vediamo, v'è pericolo per voi? vi tenete ben saldo?

— Sì.

Esaminai intorno a me ogni cosa, e vidi che non v'era nulla a temere. Feci di più, urtai con la spugna le corde principali che erano alla mia portata; tutte resistevano, soltanto due funicelle erano slegate. Dissi:

— Possiamo traversar Parigi.

Mentre ciò avveniva, eravamo molto avvicinati ai tetti:

si fece fuoco, e con grandissima facilità ci innalzammo. Guardo al basso e scorgo perfettamente le ***Missions étrangères***. Pare che siamo diretti verso la torre di Saint-Sulpice, poichè già posso vederla per l'apertura centrale del ballatojo. Mentre ci rialziamo, una corrente d'aria ci fa abbandonare quella direzione per portarci verso il sud. Vidi, alla sinistra, una specie di bosco, che credetti esser quello di Luxembourg.

Attraversammo i bastioni, ed io allor dissi:

— Per questa volta, discendiamo.

Allor si cessò il fuoco; l'intrepido Pilâtre, che rimase sempre calmo, e che era sul dinanzi, giudicò avvertendomi che si avrebbe dato di contro ai molini che sono tra il piccolo Gentilly ed i bastioni. Gettai quindi sul fuoco un fascio di paglia, smovendola perchè meglio si accendesse; ci innalzammo, ed una nuova corrente ci portò un poco a sinistra. Il bravo Rozier mi disse ancora:

— Badate i mulini.

Ma un colpo d'occhio attraverso l'apertura centrale mi fece meglio giudicare la nostra direzione, vidi che non avremmo urtato in essi, e gli dissi:

— Discendiamo.

Nell'istante seguente m'accorsi che passavamo sopra l'aqua. Credetti che fosse ancor il fiume; ma arrivati a terra, riconobbi che era lo stagno che serve alle macchine della manifattura di tela stampata dei signori Brenier.

Siamo discesi sulla Butte-au-cailles. Nel momento che eravamo per toccar terra, io mi alzai sul ballatojo, e sentii la macchina poggiarsi leggermente sulla mia testa; la respinsi un poco e saltai fuori sul terreno. Volgendomi quindi verso la macchina, credeva che fosse ancor ripiena d'aria riscaldata;

ma con grandissima sorpresa la vidi quasi interamente sgonfiata. Non vedendo M. Pilâtre, corsi a sbarazzarlo dalla tela che in grande copia gli stava sopra; ma già prima di arrivare a lui egli usciva pel disotto senza il pastrano, che l'aveva posto sulla cesta.

Eravamo soli, nè ci sentivamo abbastanza forti per rovesciare il ballatojo e trarne la paglia che era accesa. Credemmo quindi far meglio recidendo la tela, mettendo così il fuoco allo scoperto. M. Pilâtre da un lato ed io dall'altro, tirando violentemente da una parte il tessuto, potemmo toglierlo dal fuoco. Arrivò intanto molta gente, insieme ad alcuni soldati, ed in dieci minuti la nostra macchina fu posta in sicuro... „

Il viaggio aereo descritto destò principalmente in Francia un grande entusiasmo per la navigazione aerea, e pochi giorni dopo due nuovi sperimentatori, il celebre professore di fisica Charles, ed il chimico e meccanico Robert, publicarono il programma per una loro ascesa scientifica in un aereostato a gas idrogene.

Aprirono una sottoscrizione di 10000 franchi per un *globo di seta capace di due viaggiatori, i quali s'innalzerebbero a pallone libero, e tenterebbero in aria osservazioni ed esperienze di fisica.* La sottoscrizione fu compiuta in pochi giorni.

Charles imaginò pel suo aereostato la valvola che dà uscita al gas idrogeno, per procurarsi con essa una discesa lenta e graduata dell'aereostato. Bene congegnò la navicella di giunchi, in cui s'imbarcano i viaggiatori, alla rete addossata alla parte superiore del globo. Si provide di zavorra per regolare l'ascensione e moderare la discesa. Usò una soluzione di caoutchouc per l'impermeabilità del tessuto all'idrogene. Col barometro misurò l'altezza della ascensione. Nel complesso

nel fatto, dopo questo momento fino a quello in cui noi scomparimmo agli occhi degli osservatori alla stazione, noi ci siamo tenuti in uno strato d'aria orizzontale fra ventisei pollici di mercurio e ventisei pollici ed otto linee; ciò corrispose alle osservazioni fatte a Parigi.

Avevamo cura di gettare via la zavorra a seconda della discesa, che si faceva per la perdita del gas, e così insensibilmente ci innalzavamo alla stessa altezza. Se le circostanze ci avessero permesso una maggiore precisione nella zavorra, il cammino sarebbe stato orizzontale come si avesse voluto.

Arrivati all'altezza di Monceaux, che abbiamo lasciato un po' a sinistra, restammo un po' stazionarî. Il carro si girò quindi, e progredimmo insiem col vento. Tosto passammo la Senna, fra Saint-Ouen e Asnières, e tale si fu presso poco il nostro viaggio aereografico, lasciando Colombes alla sinistra, passammo quasi al di sopra di Genneville. Attraversammo quindi una seconda volta il fiume, lasciando Argenteuil alla sinistra; passammo sopra Sannois, Franconville, Eau-Bonne, Saint-Leu-Taverny, Villiers, Ile-Adam, ed in fine Nesles, ove discendemmo. Questo tragitto è di circa nove leghe parigine, e lo abbiamo percorso in due ore, quantunque nell'aria non vi fosse un'agitazione sensibile.

Durante il corso di questo delizioso viaggio, non ci venne mai per la mente la più piccola inquietudine sulla nostra sorte e su quella della macchina. Il globo non ha sofferto alcuna alterazione, eccetto quelle modificazioni successive di dilatazione e di compressione delle quali approfittavamo per ascendere e discendere come si voleva. Il termometro rimase per più di un'ora tra i dieci ed i dodici gradi sopra zero, e ciò perchè l'interno del nostro carro era riscaldato dai raggi del sole.

Il suo calore si fece tosto sentire al nostro globo, e contribuì per la dilatazione del gas, a tenerci alla stessa altezza senza esser costretti di perdere la zavorra; ma facevamo una perdita più preziosa: il gas, dilatato pel calor solare, se ne fuggiva dall'appendice del globo che tenevamo alla mano, e che lasciavamo andare secondo le circostanze, per dar così uscita al gas troppo dilatato.

Egli è in questo modo semplice che abbiamo evitato quelle espansioni od esplosioni che alcune persone poco istruite temevano per noi. Il gas non poteva rompere la sua chiusura, perchè la porta ad esso era sempre aperta, e l'aria atmosferica non poteva entrare nel globo, poichè quella pressione ne chiudeva l'entrata.

Dopo cinquantasei minuti di viaggio, udimmo il colpo di cannone che segnava la nostra scomparsa agli occhi degli osservatori di Parigi. Noi ci rallegrammo di esser a lor fuggiti di vista. Non eravamo quindi più obligati di conservare strettamente la nostra corsa orizzontale, come noi avevamo fatto fino allora, e ci siamo abbandonati interamente agli spettacoli svariati che ci presentava l'immensità delle campagne sulle quali ci tenevamo librati; da questo momento in poi non abbiamo mai cessato di conversare con gli abitanti di que' luoghi, i quali vedevamo accorrere verso noi da ogni parte; intendemmo le loro grida d'allegrezza, i loro voti, le loro sollecitudini, in una parola, i loro motti d'ammirazione.

Gridammo *Viva il Re!* e tutte le campagne rispondevano alle nostre grida. Intendevamo ben distintamente: *Miei buoni amici, non avete paura? non siete punto sofferenti? Dio, com'è una bella cosa! Noi preghiamo Iddio che vi conservi. Addio, miei amici!* Io ero commosso alle lagrime di un così

— Fra mezz' ora.

— Ebbene, così sia, monsignore, fra una mezz' ora sarò ai vostri comandi.

M. Robert discese dal carro, come avevamo convenuto nel viaggio. Trenta contadini stretti intorno col peso del corpo impedivano l' ascensione dell' aereostato. Chiesi della terra per munirmi di zavorra; non me ne rimaneva che tre o quattro libbre. Domandai una vanga e perchè mai arrivava, ricercai delle pietre, ma nella prateria non se ne trovavano. Vedeva intanto che il tempo passava, ed il Sole si nascondeva. Calcolai rapidamente l' altezza possibile ove poteva innalzarmi la leggerezza specifica di cento e trenta libbre ch'io acquistava per la discesa di M. Robert, e dissi a M. duca di Chartres: — Monsignore: io parto. Dissi ai contadini: miei amici, ritiratevi tutti nello stesso istante dal carro al primo segno che vi farò, e andrò per aria.

Batto le mani, ed eglino si ritirano, ed io mi spingo nell' aria come un uccello; in dieci minuti era a più di mille cinquecento tese, e più non vedeva gli oggetti terrestri, vedeva soltanto delle grandi masse.

Nella partenza presi le precauzioni per evitare il pericolo dell' esplosione dell' aereostato, e mi disposi quindi alle osservazioni ch' io m' era proposto. Da principio, per osservare il barometro ed il termometro situati all' estremità del carro, non volendo mutare il centro di gravità, m' inginocchiai nel mezzo del carro, con una gamba ed il corpo in avanti; l'orologio e la carta nella mano sinistra, la penna e la funicella della valvula nella diritta.

Ed osservai ciò che succedeva. Il globo, che alla partenza era floscio, si gonfiò insensibilmente. Ben presto il gas se

ne fuggia a grandi sbuffi per l' appendice. Allora di tratto in tratto tirai la valvula per dare ad esso contemporaneamente due uscite, e così perdendo gas continuai a salire. Esso usciva fischiando e si faceva visibile, come un vapore caldo che passa per una atmosfera molto più fredda.

La ragione di questo fenomeno è semplice. A terra il termometro era a sette gradi sopra zero, dopo dieci minuti d'ascensione, segnava cinque gradi sotto zero. Si vede che il gas contenuto nell' aereostato non aveva avuto il tempo di mettersi in equilibrio di temperatura; il suo equilibrio elastico era molto più pronto di quello del calorico; ne doveva uscire una maggior quantità di quella della dilatazione esterna determinata dall' aria per la sua diminuita pressione.

In quanto poi a me, esposto all' aria libera, passai in dieci minuti dalla temperatura della primavera a quella dell' inverno. Il freddo era vivo e secco, ma non insopportabile. Interrogai allora tranquillamente tutte le mie sensazioni e mi sentii vivere, per così dire, e posso assicurare che, nel primo momento, nulla provava di disaggradevole in quel passaggio di dilatazione e di temperatura.

Allorquando il barometro cessò di salire, notai con la maggior esattezza dieciotto pollici e dieci linee. Dedussi quindi da questa osservazione una altezza di 1524 tese circa, attendendo poi di poter integrare questo calcolo per maggior precisione. Dopo alcuni minuti il freddo mi colse alle dita, non poteva quasi più tener la penna in mano. Ma già non ne aveva più bisogno, era stazionario, ed il movimento avveniva soltanto orizzontalmente.

Mi rimisi in piedi nel mezzo del carro e mi abbandonai allo spettacolo che mi offriva l'immensità dell' orizzonte.

schiattò lungo 15 metri, e fortunatamente, per le precauzioni di Pilâtre, la caduta non ebbe funeste conseguenze.

Il quarto viaggio si fece a Milano, il 25 febbrajo 1784, a spese del cavaliere Andreani, ed in quella mongolfiera si furono l'Andreani ed i due fratelli Gerli, che erano i costruttori.

La fama di quelle prove si divulgò per tutta Europa, e non passava giorno che nel cielo non si vedesse una qualche inoqua mongolfiera. — Il 22 febbrajo 1784 dall'Inghilterra un piccolo aereostato a gas idrogene attraversò la Manica, e questo eccitò negli aereonauti il desiderio di effettuar pur essi quel tragitto.

L'invenzione degli aereostati determinò M. Blanchard di lasciare le ricerche del suo battello alato, col quale pretendeva volare, e si propose la ricerca di un meccanismo atto a dirigere i globi volanti. — Fece la sua prima ascensione al *Champ de Mars,* addì 2 marzo 1784. — Adattò alla navicella un meccanismo di quattro grandi remi ed un timone, e disse aver potuto imprimere all'aereostato un movimento proprio co' suoi meccanismi; ma i fisici di quell'epoca cercarono di smentire quella sua asserzione.

Gli aereonauti in quel tempo si moltiplicavano assai, specialmente in Francia; ma con poco profitto dell'aereonautica. Alcuni risultati utili vennero però apportati dagli esperimentatori dell'academia di Dijon, che sono Guyton de Morveau, l'abate Bertrand e M. de Virly; e questi si raccolgono da un volume publicato nel 1785 da Guyton de Morveau, col titolo: *Description de l'aérostat de l'Académie de Dijon.*

Quell'opera è divisa in quattro parti. La prima tratta dell'involucro e della materia del pallone; la seconda ha per

oggetto l'esame del gas che può servire alla elevazione; la terza tratta della possibilità di dirigere gli aereostati; la quarta descrive il congegno per la direzione, che fu imaginato da Guyton e da lui esperimentato più volte.

Nelle descrizioni de' numerosi viaggi fatti con quel magnifico aereostato si asserisce: *che il timone spostava la direzione, poichè al suo esercizio la bussola cambiava pur direzione; ma il timone doveva esser giovato dal movimento de' remi. "E co' remi noi vogammo in vero per una lunghezza di 200 tese.„*

Si vede quindi che i remi ed il timone producevano un qualche effetto; ma gravissime viziosità del sistema si erano: la svantaggiosa collocazione degli organi propulsori, perchè situati nella navicella; le loro forme e movimenti, poco adatti alla locomozione aerea; la forma sferica dell'aereostato, ed in fine la piccolissima forza che può sviluppare le braccia dell'aereonauta.

Tiberio Cavallo nella sua *History and pratice of Aërostetion* descrive con tutti i particolari la prima ascensione avvenuta in Londra il 14 settembre 1784. Il nostro capitano Vincenzo Lunardi si fu il coraggioso aereonauta, egli doveva esser accompagnato da Sir Biggin e da una giovane inglese, Miss Sage. Ma come furono nella navicella il gas non ebbe forza di innalzarne il peso, ed allora Lunardi dovette partir solo.

S'innalzò fra gli evviva di una immensità di popolo, portando seco un piccione, un gatto ed un cane. Aveva congegnato nella navicella due remi, che a nulla gli servirono. Discese dopo un'ora e mezzo, e lasciato a terra il gatto mezzo morto dal freddo, riascese ancora, e discese poi, dopo un'ora, nella contea di Hertford.

Traduco in gran parte dall'opera di Figuer, *Les merveilles de la Science,* la descrizione della traversata della Manica fatta da Blanchard e dal dottore Jefferies.

Blanchard aveva una grande fiducia ne' suoi congegni per la direzione degli aereostati; e come voleva dimostrare la verità delle sue asserzioni con un fatto clamoroso, fece annunciare dai giornali inglesi, che, col primo vento favorevole, avrebbe attraversato la Manica da Douvres a Calais. Il dott. Jefferies gli si offrì compagno.

Il giorno 7 gennajo 1785, il cielo era sereno; il vento, favorevolissimo, soffiava dal nord-nord-ovest. Blanchard, accompagnato da Jefferies, uscì dal castello di Douvres e si diresse alla spiaggia. Il pallone fu riempiuto di gas, e lo si situò ad alcuni passi dalla spiaggia, vicino ad una erta roccia, di cui si scorge il precipizio descritto da Shakespeare nel *King Liar.* Ad un'ora pom. il pallone fu abbandonato all'aria; ma poichè il carico si trovò troppo forte, furono costretti di gettarne una parte, e ne conservarono soltanto trenta libbre. Il pallone s'innalzò quindi lentamente, e si avanzò verso il mare, spinto da un vento leggero.

I viaggiatori ebbero allora sotto gli occhi tale spettacolo che uno d'essi ha descritto con entusiasmo. Da un lato le belle campagne che si estendono dietro la città di Douvres presentavano una vista magnifica; l'occhio abbracciava un orizzonte così esteso, che si poteva ad un tempo contare trentasette terre; dall'altro lato, le erte roccie che fiancheggiano la riva, contro la quale si frangono le violenti onde marine. Arrivati in alto mare, passarono sopra parecchi vascelli.

Però, com'eglino si avanzavano il pallone si sgonfiava, e

ad un'ora e mezzo discendevano visibilmente. Ad un terzo del viaggio, per innalzarsi, avevano gettato via la metà della zavorra; e già più non vedevano il castello di Douvres. — Il pallone continuava a discendere, così che furono costretti di gettare tutto il resto della zavorra: e gettarono pure gl'istrumenti, l'áncora ed altre cose credute necessarie nel viaggio.

A due ore e mezzo avevano percorso tre quarti del viaggio, e già cominciavano a vedere la prospettiva delle coste di Francia. Ma in quel momento il pallone si sgonfiava e la dolce speranza si mutava in dolorosa apprensione: tremando al pensiero di non arrivare sulla terra asciutta, gettavano nel mare le vittovaglie, il timone ed i remi, le corde, in fine buona parte dei loro vestimenti; ed il pallone continuava a discendere.

Si dice che in un momento supremo, il dottore Jefferies si offrisse al compagno con queste parole: "Noi siamo perduti; se voi credete che gettandomi in mare possa salvarvi, sono pronto a fare il sacrificio della mia vita.,,

Rimaneva loro ancor una risorsa, potevano gettar via la navicella, e aggrapparsi alle corde del pallone; erano già così sospesi per quest'ultima risorsa allorquando sentirono nella macchina un movimento di ascensione: il pallone in fatto ascendeva; e poi così riprese la via, che li condusse a terra nel bosco di Guines, vicino Calais.

Quel successo destò la meraviglia di tutto il mondo. A Calais nel giorno seguente si fece festa. La bandiera francese fu issata dinanzi alla casa ove i viaggiatori avevano dormito. I signori del municipio e gli ufficiali della guarnigione li visitarono. Al pranzo, che fu loro offerto dal municipio, il Sindaco presentò a Blanchard, in una scatola d'oro, le lettere

che gli accordavano il titolo di cittadino di Calais, titolo che egli conservò sempre.

Il Municipio comperò per tre mila franchi ed una pensione di seicento franchi il pallone che aveva servito a quel viaggio, e fu deposto nella chiesa principale di Calais, come si fece in Ispagna del vessillo di Cristoforo Colombo. Si decise infine che una colonna di marmo sarebbe innalzata nel luogo stesso ove gli aereonauti erano discesi.

Blanchard fu poi richiesto da Luigi XVI., e volle mostrargli un segno di gratificazione ordinando una pensione di 1200 lire annue. La regina pure lo regalò di una bella somma. Non mancarono però i mordaci accenti degli invidiosi, che lo chiamarono il *Don Quijotte* della Manica.

Al discorso fatto dal procuratore del re nella inaugurazione della colonna commemorativa a Guines egli rispose:

"Questa colonna, prezioso frutto del vostro amore per le arti, l'iscrizione di cui è onorata dalla Academia, dicono tutto per voi, e dicono molto più di ciò ch'io merito. Ma come dimostrerò la mia obligazione? Di quali parole mi servirò per esprimervi la mia ammirazione, la mia riconoscenza per un procedimento così nobile e generoso? Il silenzio ed il rispetto. Ecco, o Signori, a che si riduce la mia risposta.„

I tentativi di Guyton di Morveau e di Blanchard per la direzione degli aereostati con remi e timoni situati nella navicella si giudicarono insufficienti subito dopo quelle prime esperienze; le ultime prove, con successi insignificabili, furono fatte dai signori Alban e Vallet nell'agosto 1785: usarono remi a forma d'ali di molino a vento, situati nella navicella. Testu-Brissy tentò pure invano dirigersi nell'aria. Questi si fu quegli che eseguì più tardi una ascensione equestre. Egli

s' innalzò nell' aria montato su di un cavallo, che libero da ogni legame si teneva nel mezzo di un' impalcatura legata con funi all' aereostato. Si osservò in questa circostanza che il sangue del cavallo si travasa dalle sue arterie, e si versa dalle narici e dalle orecchie, ad un' altezza alla quale l' uomo non è ancor incomodato da tali disturbi.

In una memoria sulla direzione dei palloni volanti, letta nel 1784 all' Academia delle Scienze, Giuseppe Montgolfier crede che un getto d' aria calda possa servire al moto che vuolsi imprimere all' aereostato. Egli si fondava sul principio, che come l' aria dilatata preme uniformemente la tela dell' aereostato, se da una parte quella pressione viene tolta per la mancanza della parete, la spinta nella parete eguale diametralmente apposta rimane da quella parte in più, e così spinge l' aereostato.

L' abate Miollan, un buon religioso, animato da uno zelo più ardente che illuminato pel progresso dell' aereonautica, si associò ad un certo Janinet nella costruzione di un' enorme mongolfiera, che aveva cento piedi d' altezza, ed ottantaquattro di larghezza. — Nel *Journal de Paris* dell' 11 luglio 1785 si legge: "I signori Miollan e Janinet non si propongono di dare al publico un vano spettacolo già conosciuto; ma si propongono, nelle loro esperienze, la prova di due mezzi fisici di direzione, l' uno de' quali, imaginato da Giuseppe Montgolfier, non venne però ancor eseguito; questo consiste in una apertura laterale fatta nel pallone. L' aria dilatata fuggendo per questa apertura, batte l' aria esterna, la cui reazione deve produrre l' avanzamento della macchina in senso contrario, con una velocità calcolata di circa sei leghe all' ora, supponendo l' apertura di un piede di

diametro. Uno dei nostri più celebri fisici, M. de Saussure, in una lettera scritta in occasione della grande mongolfiera di Lione, disse doversi desiderare che alcuno ponesse a prova questo mezzo.,, L'altro mezzo consisteva nell'uso di due palloncini l'uno pieno di idrogene, l'altro d'aria; ma di questi non fanno capire bene, quale effetto credevano potessero avere.

Nella domenica del 12 luglio 1785 un popolo immenso era accorso ai giardini di Luxembourg per godere del grande spettacolo. Ma, causa la cattiva costruzione dell'aereostato, esso prese fuoco; ed il popolaccio, credendosi burlato, mise in pezzi la macchina, e battè i poveri aereonauti, gridando loro che avevano dato fuoco alla mongolfiera, perchè avevano paura di partire.

M. de Saussure discorse delle forze meccaniche applicabili agli aereostati, e vedendone il pochissimo effetto alla direzione sia per la grande superficie opposta dall'aereostato all'aria attraverso della quale volevasi muovere, sia perchè quelle non si sapevano che trascinarlo dalla navicella, finì col dire che, la conoscenza e la ricerca delle diverse correnti atmosferiche dovevano essere il mezzo più efficace per la direzione degli aereostati, ma con tale modo che non si dovesse gettare nè gas, nè zavorra.

Pilâtre de Rozier fondandosi sulle idee di Saussure, e mosso dall'entusiasmo destato da Blanchard con l'attraversata della Manica, pensò di porre ad effetto il viaggio già da lui manifestato due anni innanzi, nel quale per aria da Boulogne a Londra si avrebbe recato.

Egli credette potersi innalzare ed abbassare, in cerca delle correnti d'aria più favorevoli al viaggio fissato, combinando

insieme due aereostati: in alto un globo a gas idrogene, sotto ad esso un cilindro ad aria calda. Il fuoco più o meno acceso doveva regolare, come meglio gli conveniva, la forza di ascensione. Il governo credendo buono il progetto gli accordò la somma di quarantamila franchi per la costruzione della macchina. Nella sua impresa si associò Pietro Romain di Boulogne.

Dopo moltissime peripezie, fra le quali, non meno funesta dei venti e delle pioggie, si fu una legione di sorci che rosichiava l'aereostato, e che con molte fatiche si poteva cacciare con cani e gatti, e con uomini che battevano tutta notte de' tamburi, addì 15 giugno 1785 i due infelici aereonauti partirono da Boulogne, e furono martiri della nuova arte.

Il marchese di Maisonfort, ufficiale superiore, voleva assolutamente esser a lor compagno di viaggio. Egli in fine gettò nel cappello di Pilâtre un rotolo di 200 luigi mettendo il piede nella navicella. Ma quegli lo respinse dicendogli: "Non posso condurvi, poichè non siamo sicuri nè del vento, nè della macchina; non vogliamo esporre che noi soli.„

"Lo sfortunato de Rozier, scriveva M. de Maisonfort al *Journal de Paris*, si decise a riempiere il suo pallone nella notte del 14, per partire allo spuntar del giorno. I preparativi furono lunghi. Abbiamo scoperto nella macchina molti buchi che si dovettero rappezzare; anche la valvula bisognò rifarla, e l' aereostato soltanto alle 10 del mattino fu pieno per due terzi di gas.

Cangiò intanto il vento, e fummo per tutta la giornata nel timore di aver perduto inutilmente l' acido necessario allo sviluppo del gas, essendo sempre incerta la buona dire-

zione. Il vento si fece fresco, e gli esperti marinai, chiamati per decidere la partenza, dissero che il vento non poteva esser più favorevole. Ci rimettemmo all'opera con ardore, ed in tre quarti d'ora, il pallone era pieno per cinque sesti.

L'apparato, di 64 botti, funzionava benissimo. Verso le quattro, il vento parve men buono, le nubi erano portate al nord-est dalla parte del levar del Sole. Si lasciò quindi volar nell'aria un piccolo pallone che ci indicò prima il vento di sud-est, poi trovando una corrente contraria, venne a battere contro la costa.

Questa indicazione sfavorevole non alterò le operazioni, e ben presto la mongolfiera fu posta sotto l'aereostato. Verso le 6 si fece partire un secondo pallone che in un istante si perdette di vista. Si ricorse quindi ad un terzo corriere, che indicò la via buona: allora la partenza fu decisa, e due colpi di cannone la annunciarono a tutta la città. Egli è inutile di esporre le ragioni che m'hanno impedito di montare nella macchina, poichè da più giorni ciò era stato deciso; egli è alla deficenza del gas, ed alle cattive condizioni di alcune parti della macchina ch'io devo la mia vita.

Alle 7 e 7 minuti, tutto era all'ordine, la galleria attaccata, caricato il combustibile, le provigioni, gli aereonauti M. Pilâtre de Rozier e M. Romain erano al loro posto. La rottura dell'equilibrio fu di 30 libbre, e l'aereo-mongolfiera s'innalzò maestosamente, facendo con la terra un angolo di 60 gradi. La gioja e la sicurezza si leggevano sulle faccie dei viaggiatori aerei, mentre una tetra inquietudine pareva agitare gli spettatori: tutti erano sorpresi, nessun si trovava soddisfatto.

A 200 piedi d'altezza, il vento del sud pareva dirigesse

la macchina, e ben tosto essa si trovò sul mare. Diverse correnti, principalmente il vento d'est, l'agitarono quindi per tre minuti, ciò che non spaventò alcuno. Il vento di sud-ovest divenne in fine predominante, ed il globo, allontanandosi da noi diagonalmente guadagnò la costa francese.

In quel momento, senza dubbio, M. Pilâtre de Rozier, come erasi convenuto, volle discendere per cercare una corrente d'aria più favorevole, e perciò si sarà determinato di aprire la valvula, la quale, essendo accomodata poco bene e riuscendo troppo dura, avrà richiesto molti sforzi, e forse una scossa violenta. A quello sforzo il taffettà deve essersi lacerato, poichè la valvula si trovò caduta nell'interno del globo; ed allora si fu che il gas se ne uscì per la fattasi apertura di dieci pollici: e l'involucro fradicio per le vicissitudini subite nel lungo tempo delle prove inutili, si è aperto in lungo e largo senza alcuna resistenza. E per vero, un contadino, che si trovava a non più di cento passi dal luogo della discesa, mi disse di non aver inteso che un leggerissimo rumore; mentre un energico squarciamento sarebbe stato bene osservato.

Ho veduto, egli mi disse, l'involucro dell'aereostato ricadere sulla mongolfiera, e la caduta è avvenuta nel modo il più violento, il più rapido.,,

I due sfortunati viaggiatori furono trovati fracassati nella galleria, nel luogo che occupavano alla partenza. Pilâtre de Rozier rimase morto sul colpo, il suo disgraziato compagno sopravisse ancora 10 minuti; ma non potè parlare, e non diede che deboli segni di conoscimento.

Come fosse un'ironia della sorte, i due sfortunati aereonauti rimasero morti a pochi passi dalla colonna che ricorda la felice discesa di Blanchard.

Quel principio enunciato da Saussure fu causa di un altro martire dell'aereonautica, ed è questi il conte Francesco Zambeccari della città di Bologna.

Giovinetto egli dimostrava un grande trasporto per le scienze sperimentali, ed un vivo desiderio di grandi imprese. A venticinque anni prese servizio nella marineria spagnuola. Nel 1787, in una spedizione contro i turchi, il suo bastimento fu preso, ed egli chiuso nel bagno di Costantinopoli vi languì per ben tre anni: venne posto in libertà ad istanza dell'ambasciatore di Spagna.

Zambeccari durante la prigionia cercò distrazione nello studio dell'aereonautica, e ritornato a Bologna volle sottomettere a quegli academici un suo libro di tali ricerche. Quell'opera venne stimata così che il governo pontificio credette bene d'incoraggiare tali studî con una buona somma di danaro.

Il suo sistema di aereonautica si legge negli *Atti della Società delle Scienze di Bologna* del 22 agosto 1804. Egli usava una lampada circolare a spirito di vino, fornita di ventiquattro lucignoli, così congegnati che a volontà dell'aereonauta si accendevano più o meno, si spegnevano o si riaccendevano. Il calore prodotto da quella lampada riscaldava un conveniente involucro di metallo, e questo lo comunicava all'aria circostante e per essa poi si riscaldava più o meno il gas idrogene. In tal modo egli voleva cercare le correnti d'aria più favorevoli al viaggio prefisso, ed in quelle mantenersi.

I gravissimi pericoli ai quali si esponeva con quel sistema si notarono già alla prima ascensione, poichè nella partenza, avendo urtato in un albero, la scossa fece uscire dalla lam-

pada lo spirito di vino, che circondò di fiamme l'audace aereonauta, ed in questo stato spaventevole gli spettatori, frà i quali trovavasi la moglie co' figli, lo videro innalzarsi velocemente al disopra delle nubi. Gli riuscì fortunatamente di spegnere il fuoco che lo circondava; con alcune scottature se la passò poi felicemente.

L'ascensione che fece addì 4 ottobre 1804 raccogliamo dalle sue parole.

"Il tempo pareva rischiararsi alquanto; l'ignoranza ed il fanatismo mi forzarono ad effettuare la mia ascensione, quantunque tutti i principî da me stabiliti mi facessero augurare un risultato poco favorevole. I preparativi esigevano almeno dodici ore, e perchè mi fu impossibile di cominciare prima di un'ora pom., la notte arrivò allorchè era alla metà del lavoro, e mi vidi ancor sul punto di essere privato de' frutti che attendeva dalla mia esperienza. Non mi rimanevano che cinque giovinotti ad ajutarmi: otto altri, ch'io aveva istruiti, e che mi avevano promesso la loro assistenza, si erano lasciati sedurre e avevano mancato di parola. Ciò, aggiunto al cattivo tempo, si fu la causa che la forza ascendente del pallone non aumentasse in proporzione del consumo delle materie impiegate per riempirlo. Allora il mio spirito si turbò, e considerai i miei otto mila scudi come perduti. Estenuato dalla fatica, nulla aveva mangiato nella giornata, col fiele sulle labbra, con la disperazione nell'anima, m'innalzai a mezzanotte, senza altra speranza, eccetto la persuasione che il globo, il quale aveva sofferto assai nei diversi trasporti, non avesse a portarmi molto a lungo.„

Zambeccari aveva preso a compagni di viaggio due' suoi concittadini, Andreoli e Grassetti. Egli si proponeva di rima-

nere alcune ore in equilibrio nell' atmosfera, e di ridiscendere al levar del sole. Ma dopo aversi librato qualche tempo ad una mediocre altezza, in pochi istanti si sentì velocemente portato verso le più elevate regioni. " Il freddo insopportabile che regnava nelle alte regioni in cui eravamo giunti, lo sfinimento in cui mi trovavo per la lunga mancanza di cibo, i gravi dolori morali, produssero in me una sincope, caddi bocconi al fondo della galleria, ed altrettanto accadde al mio compagno Grassetti; Andreoli soltanto rimase desto ed in buona salute, malgrado il freddo acutissimo; probabilmente perchè aveva lo stomaco ben guernito ed aveva bevute larghe sorsate di rhum. Dopo molti sforzi ei giunse a ridestarmi. La candela che avevamo nella lanterna spandeva fioca luce, e si spense, non potendo più ardere nell' aria estremamente rarefatta in cui eravamo pervenuti. Poi il pallone incominciò a discendere traversando un grosso strato di nubi biancastre; giunti sotto ad esse udimmo un rumore sordo e da principio quasi impercettibile, si riconobbe tosto esser quello il rumor delle onde, il pallone discendeva con grande rapidità, non ebbi neppur il tempo di far getto d' un sacco di zavorra ; eravamo già immersi nell' aqua. Fu tanto il nostro sbigottimento, che gettammo tosto nel mare tutta la zavorra, gli strumenti, parte dei nostri vestiti e persino il danaro che avevamo portato con noi ; ciò ancora non bastava a sollevarci col pallone, e perciò gettammo in mare tutto ciò che non ci sembrò essere assolutamente indispensabile; finalmente il pallone, di molto alleggerito, risalì rapidamente nell' aria portandoci in pochi istanti a grande altezza. L' aqua marina di cui eravamo inzuppati, si gelò tanto che ci coperse di una crosta di ghiaccio. Dopo circa mezz' ora il pallone ri-

cominciò a discendere, e ci trovammo di bel nuovo in mare, la galleria in cui eravamo si sommerse a metà, il pallone, avendo già perduto molto gas, non aveva più forza di sostenerci, e veniva sbattuto dal vento che soffiava in esso come in una vela. Per più ore fummo così sbattuti dalle onde e dal vento. Sul far del giorno si riconobbe che eravamo nell'Adriatico, a circa quattro miglia da Pesaro. Ci lusingammo di poter toccare a terra, ma un vento impetuoso ce ne allontanò violentemente e ci spinse in mezzo al mare. Alcuni pescatori, che passarono con le barche a poca distanza da noi, non comprendendo cosa fosse la nostra macchina galleggiante, se ne allontanarono rapidamente quasi fossero colti di terrore. Fortunatamente fummo veduti da un bastimento il cui capitano seppe rendersi conto del fatto, e, direttosi immediatamente verso noi, ci mandò incontro una scialuppa che ci trasse a salvamento. Suonavano le otto del mattino quando fummo raccolti a bordo del bastimento sul quale ci furono prodigati tutti i soccorsi possibili.,,

I tre infelici aereonauti vennero trasportati subito a Pola per guarirli dello stato malconcio nel quale si trovavano. Le ferite che Zambeccari teneva nelle mani diventarono così gravi che il chirurgo dovette amputarvi tre dita, e soltanto dopo qualche tempo poterono ritornar sani in patria.

Ognuno credeva che Zambeccari dopo quella disgraziata impresa avrebbe abbandonato ogni altro tentativo di navigazione aerea; ma egli aveva fisso in capo l'idea di potersi dirigere nell'aria cercandone le correnti più favorevoli al viaggio fissato, e addì 21 settembre 1812, a Bologna, volle partire con quella fatale lampada accesa, che mise fuoco al gas idrogene, e lo sfortunato conte venne a terra arso come un tizzone.

Figuer dopo aver raccontato alcuni fatti luttuosi avvenuti nell' aereonautica soggiugne: "Noi non vogliamo che l' esposizione di questi dolorosi avvenimenti apporti un giudizio esagerato sopra i danni della navigazione aerea. L' inesperienza, l' imprudenza degli aereonauti furono le sole cagioni di queste disgrazie. Ma se si riflette al numero immenso di ascensioni che si sono fatte, non si avrà difficoltà ad ammettere che la navigazione aerea non è più pericolosa della navigazione marittima.„ Secondo M. Dupuis-Delcourt si possono citare i nomi di più di mila cinquecento aereonauti, fra i quali molti hanno fatto più di cento ascensioni, e di questo numero fino al 1867 non si avevano più di quindici casi in cui gli aereonauti trovarono la morte.

Arago scrisse: "Carnot, spirito severo, quando non aveva che 24 anni si guardò bene di procedere così innanzi come Villeroi. Egli si fece rimarcare tuttavia fra gli entusiasti. Credeva allora ed ha creduto di poi alla possibilità di dirigere i palloni, e quindi alle conseguenze che la scienza e l'arte della guerra ne avevano sperate. Gli archivi dell' Academia di Francia devono contenere una memoria di Carnot sulla direzione degli aereostati [1]. — Lalande, Bertholon, Lavoisier come altri fisici e matematici non esitarono di dichiarare possibilissima la soluzione del problema della navigazione aerea; ma noi diremo soltanto di quegli studî che sono accompagnati da progetti.

Monge, dopo aver trattata la teorica della navigazione aerea, propose uno strano progetto. Venticinque globi infilati avrebbero trasportato ciascuno una navicella entro alla quale

1) *Oevres complètes de F. Arago*, tome I.

uno o due aereonauti movendo un sistema di remi devono produrre il movimento proprio del sistema volante, dirigendolo secondo gli ordini trasmessi da un comandante l'equipaggio.

Meunier nel 1784 publicò una Memoria sulla direzione degli aereostati [1], che è la migliore di quell'epoca. Egli proponeva un pallone di forma sferica formato di due involucri concentrici, l'uno staccato dall'altro. L'interno doveva contenere l'idrogene, e fra questo e l'esterno dovevasi comprimere l'aria come abbisognasse per salire o scendere. L'aria veniva compressa mediante una pompa situata nella navicella: caricandosi per tal modo l'aereostato di un nuovo peso, doveva discendere; per salire, bastava dar uscita all'aria compressa. Nè zavorra, nè valvula erano necessarie, poichè l'aria atmosferica ovunque caricava o scaricava l'aereostato.

Meunier avrebbe così cercato le correnti atmosferiche più favorevoli al suo viaggio; e per cercarle più prontamente e per dirigersi alcun poco in esse avrebbe impiegato un meccanismo d'ali simili a quelle di un mulino a vento, e pensava muoverle con le forze dell'equipaggio. Ma anche la pompa comprimente l'aria doveva esser mossa dalle braccia degli aereonauti; e noi ben sappiamo che dopo compresso un metro cubo d'aria un aereostato di mediocrissima capacità, come sarebbe di 500 m. c., s'innalza non più di 20 metri.

Il 15 luglio 1784, il duca di Chartres, di poi Filippo Égalité, volle esperimentare il progetto di Meunier, ed i fratelli Robert costrussero per suo conto un grande aereostato a gas idrogene, di forma ovale. Nell'interno del pallone vi era un altro globo più piccolo, riempiuto d'aria. Alla navicella

1) *Journal de Physique de l'abbé Rozier*, luglio 1781.

furono congegnati un gran timone e due remi nella speranza di potersi dirigere.

Il duca Chartres, i due fratelli Robert e Collin-Hullin s'innalzarono dal parco di Saint-Cloud, alla presenza di molto popolo accorso allo spettacolo. Tre minuti dopo l'aereostato disparve fra le nubi ed i viaggiatori perdettero di vista la terra. La macchina fu condotta per molti giri dai turbini che aggiravano l'atmosfera, ed urtando questi disordinatamente l'ampio timone, mettevano in pericolo gli aereonauti. Le nubi si precipitavano le une sulle altre, si ammontichiavano sotto l'aereostato come avessero a serrare la via alla discesa.

In tali condizioni gli aereonauti non pensarono più alla direzione del loro aereostato, ed anzi si sbarazzarono del timone e de' remi. E poichè cercarono di strappare anche il palloncino, che ben non funzionava, questo cadde sull'orificio, e lo otturò completamente. Il sistema Meunier escludeva le valvole, e poichè non si poteva dar uscita al gas, che sempre più dilatavasi, erano spaventati dal timore che l'aereostato avesse a schiattare. In uno di questi momenti critici, il duca di Chartres si decise ad un partito disperato: prese l'asta che portava la bandiera, e col legno della lancia potè forare in due luoghi la seta del pallone; ne venne una apertura di 2 a 3 metri, ed il pallone discese tosto con una velocità spaventevole; fortunatamente arrivato al basso, per la maggior densità dell'atmosfera rallentò la discesa così che si fece moderata. Gli aereonauti cominciarono ad assicurarsi allorquando si videro sopra uno stagno, e, con alcune avvertenze nel gettare il resto della zavorra, riuscirono felicemente a terra.

Meunier, che assisteva a quella esperienza, attribuì il cattivo successo del suo progetto alla confusione degli aereonauti.

Nel 1788, il barone Scott de Martinville presentò al giudizio dei dotti il progetto di un immenso aereostato, che aveva la figura di un mostruoso pesce aereo, era fornito di enormi pinne e di una lunga coda. Moltissime sottoscrizioni facevano creder possibile l'esperimento; ma la rivoluzione francese mandò a rotoli ogni cosa.

Nel 1816, M. Pauly, di Ginevra, costruì a Londra un pallone colossale a forma di balena, ma non ottenne alcun successo.

Nel 1825, M. Edmondo Genet, a New-York, aveva acquistato fama di valente fisico allorchè propose un enorme progetto di navigazione aerea. L'aereostato avrebbe avuto la forma ovoide, allungata nel senso orizzontale; l'asse doveva esser lungo non meno di 50 metri, la pancia al basso avrebbe misurato 20 metri, e 18 metri sarebbe stata larga. Il motore avrebbe dovuto esser un cavallo, che doveva far girare le ali ad elica.

E fra i tedeschi e gli inglesi si trovano pure altri sognatori di simili mezzi meccanici per l'aereonautica.

M. de Lennox, colonnello di fanteria, spese più di 100,000 franchi nella costruzione di un aereostato dirigibile. Aveva la forma di un salsicciotto lungo 50 metri, largo 20. Otto enormi pinne dovevano esser mosse non si sa da qual forza. La navicella era lunga 20 metri. Nel programma si diceva che quella prima *barca aereo-postale,* nominata l'*Aquila,* costruita di seta preparata in modo da contenere perfettamente il gas idrogene, poteva mantenersi nell'aria viaggiando per quindici giorni. Ma invece addì 17 agosto 1834, a Parigi, con grande fatica fu trasportata al campo di Marte, e siccome non potè innalzarsi nell'aria, la gente accorsa irruppe e la fece a brani.

Nel 1839, M. Eubriot non ebbe miglior sorte nella prova di un suo aereostato ovale, che doveva muoversi e dirigersi nell'aria per certe pinne, mosse dall'aereonauta.

Nel 1850, M. Petin destò a Parigi un qualche entusiasmo fra gli ignoranti col progetto di un suo *vascello aereo*. Quattro aereostati ad idrogene, posti in fila, dovevano portare una lunghissima intelajatura, che conteneva delle spatole disposte come nelle persiane. Egli credeva, co'movimenti di queste, muoversi e girarsi a piacere nell'aria. In Europa non gli riuscì l'attuazione del suo progetto; ma passato in America, a New-Orleans trovò i mezzi per la costruzione della sua macchina. E poichè egli dice di esser sempre stato bersaglio della sfortuna, non ha potuto gonfiare i quattro palloni, non avendo bastato il gas della officina di quella città; eranvi pur delle perdite pel tessuto. Certamente meglio per lui, chè il suo sistema mostrando l'impotenza alla direzione, avrebbe posto a grave pericolo gli aereonauti.

Emilio de Girardin nel suo giornale *La Presse* scriveva:

" Ieri, venerdì 24 settembre 1852, un uomo è partito imperturbabilmente seduto sull'impalcatura di una macchina a vapore, innalzata nell'aria da un pallone che ha la forma di un'immensa balena: una nave aerea fornita di una trave, che serve come chiglia, e di una vela che funziona come timone.

"Questo Fulton della navigazione aerea si chiama Enrico Giffard. È un giovine ingegnere, che non si scoraggiò pe'sacrifici, per la trascuranza degli altri, nè pel pericolo di questa audace impresa; egli fu aiutato soltanto dalla cooperazione al lavoro di due giovani ingegneri suoi amici, i signori David e Sciama, allievi della Scuola centrale.

"Egli è partito dall'Ippodromo. Bello e drammatico era lo

spettacolo di questo soldato dell'idea, che affrontava il pericolo con quella intrepidità che l'invenzione comunica all'inventore, e forse la morte, poichè, or ch'io scrivo queste righe, non so se la discesa abbia potuto operarsi senza funesti accidenti, o come abbia potuto farsi.

"Il coraggio porta fortuna. Io spero ch'egli avrà potuto discendere felicemente.,,

M. de Girardin, mentre dava alle stampe questa notizia, riceveva la lettera di M. Giffard, che riportiamo tradotta.

"A M. Emilio de Girardin.

Descrizione del primo aereostato a vapore.

"L'apparato d'aereonautica che ho esperimentato presentava per la prima volta nell'atmosfera l'unione di una macchina a vapore, e di un aereostato di nuova forma conveniente alla direzione.

"L'aereostato è allungato, e termina in due punte, ha 12 metri di diametro nel mezzo e 44 metri di lunghezza; contiene circa 2500 metri cubi di gas; è inviluppato tutto intorno, eccettuata la parte inferiore e le punte, di una rete, le cui estremità, a forma di gambe d'oca, si congiungono per una serie di corde ad una trave orizzontale di legno, lunga 20 metri. Questa trave porta alla sua estremità una specie di vela triangolare, congiunta lungo uno de' suoi lati all' ultima corda che parte dalla rete, essa è come asse di rotazione di quella. Questa vela rappresenta il timone e la chiglia; basta, mediante due corde, che discendono dalla macchina, inclinarla da diritta a sinistra per produrre una deviazione corrispondente a tutto il congegno, esso cangia immediatamente direzione. Cessato questo esercizio, la vela ritorna subito per sè stessa a porsi nella direzione dell'asse dell'aereostato, ed

il suo ufficio normale ritorna quello di funzionare come chiglia o banderuola, vale a dire essa mantiene l'insieme del sistema nella relativa direzione del vento.

"A 6 metri sotto la trave è sospesa la macchina a vapore con tutti i suoi accessorî. La macchina è portata da una specie di barella in legno, con le quattro estremità tenute sospese da corde legate alla trave. Il fondo della barella è formato di tavole atte a portare gli aereonauti, le provigioni di carbone ed aqua.

"La caldaja è verticale, a focolajo interno senza tubi: quest'è contornato internamente per buona parte di una parete in latta, la quale, meglio utilizzando il calorico del carbone, permette l'uscita dei gas della combustione, i quali si disperdono a bassa temperatura. Il camino è diretto dall'alto al basso, e la chiamata d'aria si effettua mediante il vapore che si slancia con forza nell'uscire dal cilindro, e mescolandosi col fumo ne abbassa ancora considerevolmente la temperatura, pur proiettandolo in direzione opposta a quella dell'aereostato.

"La combustione del carbone si effettua sopra una graticola circondata interamente da un cinerario, per cui è impossibile di vedere al di fuori alcuna favilla. Il combustibile che ho impiegato era *coke* della migliore qualità.

"Il vapore prodotto passa direttamente nella macchina propriamente detta; questa è formata di un cilindro verticale, in cui scorre uno stantuffo, il quale mediante una leva fa girare un albero a gomito situato in alto. Questo alla sua estremità porta un elicè a tre ali di 3^{m}, 40 di diametro, destinato a prendere il punto d'appoggio nell'aria, ed a far così avanzare tutto il sistema. La velocità dell'elice è di circa 110

giri per minuto, e la forza sviluppata dalla macchina, per farlo girare, è di 3 cavalli-vapore, ciò che rappresenta una forza di 25 a 30 uomini.

"Il peso del motore propriamente detto, indipendente dalle sue provigioni e dagli accessorî, è di 100 chilogrammi per la caldaja, di 58 per la macchina; in tutto 150 Cg., cioè 50 Cg. per la forza di un cavallo, ossia 5 o 6 per forza d'uomo; in guisa, che se si volesse produrre lo stesso effetto con quest'ultimo mezzo, bisognerebbero 25 o 30 uomini, i quali non si potrebbero trasportare, poichè danno un peso medio di 1800 chilogrammi, un peso 12 volte maggiore [1].

"Da ciascun lato della macchina vi sono due tinozze, l'una d'esse contiene il combustibile, l'altra l'aqua che viene injettata nella caldaja, mediante una tromba il cui stantuffo viene mosso dall'asta dello stantuffo principale. Questo provigionamento serve ben anco da zavorra, che è pur necessaria in grande quantità per riparare alle fughe del gas che esce pei pori del tessuto; e però in questo caso il consumo delle materie che alimentano la macchina, lungi dall'essere nocivo, ha l'effetto vantaggiosissimo di sgravare progressivamente l'aereostato senza ricorrere alle dispersioni della sabbia o ad altro mezzo impiegato comunemente nelle ascensioni ordinarie. Infine, la macchina motrice è situata per intero sopra alcune ruote mobili in ogni verso, affinchè si possa trasportare facilmente a terra; questa disposizione può inoltre esser utile nel caso che la macchina venisse ad urtare il suolo con una certa velocità orizzontale.

"Se l'aereostato fosse riempiuto di gas idrogene puro, po-

---

1) Ed il peso delle materie necessarie al lavoro della macchina per alcune ore?

trebbe innalzare 2800 chilogrammi, ciò che permetterebbe ad esso di portare una macchina molto più potente ed un certo numero di persone. Ma viste le difficoltà di procurarci attualmente un tal volume di gas, ci conviene ricorrere al gas d'illuminazione, la cui densità è, come ben sappiamo, molto superiore a quella dell'idrogene; e però la forza d'ascensione totale dell'aereostato si trova diminuita di 1000 chilog. e ridotta a 1800 chilog. circa. Ed abbiamo a sollevare i pesi che seguono:

Aereostato con la valvula	chilog.	320
Rete	»	150
Trave, corda di sospensione, timone, corda d'ancoraggio	»	300
Macchina e caldaja vuota	»	100
Aqua e carbone contenuti nella macchina alla partenza	»	60
Telajo della macchina, tinozze d'aqua e carbone	»	420
Corde per arrestare l'aereostato in caso di bisogno	»	80
Peso della persona che dirige il congegno	»	70
Forza d'ascensione necessaria alla partenza	»	10
		1510

"Ci rimane ancora a disporre del peso di 290 chilog., che è bene riserbarlo ad una maggior provigione d'aqua e carbone, quindi di zavorra.

"Posto tutto ciò il problema da risolversi poteva esser considerato sotto due punti di vista principali, la conveniente sospensione di una macchina a vapore e del suo focolajo

sotto un aereostato di forma nuova, pieno di gas infiammabile, e la direzione propriamente detta di tutto il sistema nell'aria.

"In quanto a ciò che riguarda il primo punto vi erano molte difficoltà a superarsi. E per vero fino ad ora gli apparati aereostatici che si innalzarono nell'atmosfera si erano limitati a dei globi sferici o palloni, tenendo essi sospeso per una rete sovrapposta un carico qualunque, sia una navicella, od una specie di cesta contenente una o più persone, sia un altro oggetto più o meno pesante. Tutte le esperienze tentate con aereostati d'altra forma che si discosta da questa primitiva ed unica disposizione, erano state fatte in piccoli modelli trattenuti a terra da funicelle, ciò che è molto più comodo e men pericoloso, ed il più sovente non furono che idee e promesse di esperienze.

"Mancandomi ogni fatto anteriore abbastanza concludente e malgrado le indicazioni della teoria, io doveva aver pure alcuni timori sulla stabilità del congegno; l'esperienza è venuta pienamente ad assicurarmi a questo riguardo, e mi provò che l'uso di un aereostato allungato, il solo che si possa sperare di dirigere convenientemente, era sotto tutti gli altri rapporti tanto vantaggioso quanto possibile, e che il pericolo risultante dall'unione del fuoco col gas infiammabile poteva essere completamente tolto.

"In quanto poi al secondo punto, quello cioè della direzione, i risultati ottenuti furono i seguenti: in un'aria perfettamente calma la velocità di trasporto in ogni verso era di 2 a 3 metri per secondo; questa velocità va evidentemente aumentata o diminuita, in relazione agli oggetti fissi, di tutta la velocità del vento, e ciò secondochè si viaggia nella sua

direzione od in quella opposta; assolutamente come un battello che segue o va contro corrente. In ogni caso quel sistema volante può deviare più o meno dalla linea del vento, e formare con questa un angolo che dipende dalla velocità di quest' ultimo.

" Questi risultati sono poi conformi a quelli che si hanno dalla teoria, e ch' io aveva presso a poco preveduti innanzi mediante il calcolo e l' esperienza nella navigazione marittima.

" Tali sono le condizioni nelle quali si trova questo primo congegno; esse sono certamente lontane dall' essere così favorevoli, com' è possibile. Ma, se rifletteremmo alle difficoltà d' ogni genere che circondano queste prime esperienze, fatte con mezzi d' esecuzione eccessivamente ristretti, con materiali imperfetti, saremmo convinti che i risultati ottenuti, comunque incompleti essi siano, devono condurre in breve a qualche cosa di positivo e di pratico.

" E per questo fine che abbisogna? Un aereostato capace di un motore relativamente molto più potente, usando pur tutte quelle risorse pratiche accessorie senza le quali non si può operare convenientemente.

" Io mi propongo d' altra parte di superare tutte le obbiezioni facendo conoscere incessantemente i principî generali teoretici e pratici sui quali credo debba fondarsi la navigazione aerea a vapore.

" Le varie spiegazioni che ho dato in questo scritto mi dispensano de' particolari sul viaggio aereo or compiuto. Sono partito solo dall' Ippodromo, il 24 a 5 ore e 15 minuti. Il vento soffiava con grande violenza. Non ho tentato di lottare contro il vento direttamente; la forza della macchina non l' avrebbe permesso, ciò era già preveduto e dimostrato

dal calcolo; ma ho effettuato col maggior successo diverse evoluzioni con movimento circolare e con deviazioni laterali.

"L' azione del timone si faceva sentire perfettamente: appena tirava una delle corde che lo dirigono, vedeva immediatamente girarmi d'intorno l'orizzonte. — Sono asceso a 1800 metri, ed ho potuto mantenermi in uno strato orizzontale con l'ajuto di un nuovo congegno da me imaginato, il quale indica immediatamente il minimo movimento verticale dell'aereostato. Intanto la notte si avvicinava, io non poteva restare più a lungo nell'atmosfera; temendo che l'apparato non arrivasse a terra con una certa velocità, cominciai a spegnere il fuoco con la sabbia, aprii tutti i rubinetti della caldaja, ed il vapore se ne fuggì per ogni verso con un rumore orribile. Ebbi in vero paura di qualche fenomeno elettrico, e durante alcuni istanti fui involto da una nube di vapore che più non mi permise vedere intorno.

"Mi trovava in quel momento alla più grande altezza raggiunta. Il barometro segnava 1800 metri. Mi occupai immediatamente di discendere a terra, e felicissimamente fui nel comune d'Élancourt, vicino Trappe, ove gli abitanti m'accolsero con le maggiori cure, e mi ajutarono a sgonfiare l'aereostato.

"Alle 10 ero di ritorno a Parigi. I meccanismi nella discesa non avevano sofferto guasti significanti.„ [1]

Nel 1855 M. Giffard costruì un nuovo pallone ovoidale capace di 3200 metri cubi di gas: modificò il sistema di congiunzione della macchina motrice, legò la grande trave

1) *La Presse*, 24 sept. 1852. — I *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 14 nov. 1870.

al sistema delle funi che terminano la rete in modo che si trovò nella parte superiore dell' aereostato; ridusse a miglior forma la macchina a vapore; salì nell'aria insieme a M. Yon. La partenza si fece dall' officina del gas di Courcelle, e gli spettatori videro con grande ammirazione che M. Giffard navigava pur contro vento, e l'aereostato docilmente si dirigeva come egli esercitava a questo fine il timone insieme con l' elice. Si vide quindi chiaramente che l' aereostato percorreva lo spazio con quel movimento che è determinato dalle due velocità componenti, l' una quella del vento, l' altra quella impressa dalla macchina motrice al sistema volante, componente che poteva esser diretta comunque dall'aereonauta, la cui intensità dipendeva dai limiti della potenza de' meccanismi. [1]

Otto anni dopo il celebre abate Moigno scriveva: " Abbiamo parlato con M. Enrico Giffard, si discorse della navigazione aerea e siamo stati contenti di sentire che questo grande e difficile problema si poteva ritener risolto, per quanto esser lo può, ben al di là di tutte le legittime speranze. Un giorno o l' altro Giffard tornerà in campo col suo pallone cilindro-conico, la macchina a vapore, ed il condensatore a grandi superficie, per lanciarsi e navigar nell' aria. Partito ch' egli sia dal Campo di Marte, l' aereostato farà il giro di Parigi, e ritornerà al Campo di Marte, precisamente come un cavallo da corsa che va e ritorna. Fino da oggi M. Giffard (e si può fidarsi di lui) ha la certezza che il rimorchiatore, che è la macchina a vapore situata nella navicella, farà avanzare l' aereostato per ben 600 metri ad ogni minuto, ecc. ,, [2]

1) *Les ballons dirigeables*, par Gaston Tissandier. Paris, 1872.

2) *Les Mondes*, 15 octobre 1863.

Ma M. Giffard non ripetè più quelle esperienze quantunque l'invenzione dell'*injettore*, che porta il suo nome, gli abbia fruttato una grande ricchezza, il che significa che considerando bene le grandi imperfezioni del suo aereostato non sa ancor renderlo così perfetto come si richiede dalla teoria dell'aereonautica.

Aereostato di M. Cremieu. "Il mio aereostato è cilindrico a punte le quali sono un terzo della lunghezza, che è di tre o quattro volte il diametro. Esso è traversato nel senso della lunghezza da un albero metallico vuoto. Alcuni cerchi di legno sono disposti di distanza in distanza secondo la lunghezza dell'aereostato. L'albero traversale serve ad essi di mozzo, e delle forti cordicelle, disposte come i raggi di una ruota, impediscono ch'esso si sposti, questo sistema forma una ossatura assai leggera e solida nell'interno. Un piccolo pallone disposto intorno all'albero, che è nell'interno, comunica coll'aria esterna per mezzo dello stesso albero. Questo pallone interno è posto affinchè la dilatazione del gas non faccia grande pressione sull'involucro esterno: ciò avviene perchè il gas schiacciando le pareti del piccolo pallone intorno all'asse, scaccierà come abbisogna l'aria in quello contenuta.

"Ciò in quanto all'interno; mi sarà più facile di farmi comprendere discorrendo dell'esterno, che, come puossi giudicare dal disegno, è assai semplice.

"Una rete ordinaria, che s'attacca alle due estremità dell'albero, é cinta intorno ai cerchi che sono dalla parte interna dell'involucro; e però, lo scheletro, l'involucro e la rete formano un tutto ovoidale.

"Nel mezzo della lunghezza dell'aereostato sul circolo

equatoriale sono attaccati colla loro base diversi telai, coperti di tela. Il numero d'essi varia secondo la grandezza di quel cerchio. — Essi saranno inclinati al piano equatoriale ad angolo di 15 a 20 gradi secondo la celerità che vuolsi avere. Un sistema di funi li tengono ritti nelle posizioni stabilite. Tutto ciò unito non forma che un elice solido, del quale il corpo ovoide dell'aereostato tiene luogo d'albero.

"I telai o vele possono avere in altezza il raggio dell'aereostato, ciò che darà cinque volte più di presa d'aria che di resistenza, e questa resistenza è ancor diminuita dalla conicità dell'aereostato.

"Alle due estremità dell'albero, che termina con due perni, sono sospesi i cuscinetti dai quali pendono le funi che sorreggono la navicella, la quale serve come zavorra e come punto d'appoggio. L'aereostato gira molto liberamente intorno i cuscinetti del suo albero, ed è costretto girando ad uno spostamento che il timone dirige. Il timone è sul dinanzi e viene diretto con due corde dalla navicella.

"I motori sono a scelta uomini, o macchine, e la rotazione si comanda dalla navicella. La celerità può variare con una macchina per due persone da 20 a 30 metri per giro, ed i giri da 1 a 2 per secondo (cioè 72 chilom. minimo, 216 massimo all'ora).,,

— "Il modello munito della sua caldaja e della macchina a vapore, che M. Cremieu ha esperimentato al Palazzo dell'Industria è veramente singolare; esso gira nell'aria.,, *L'Abate Moigno* — [1]

Durante l'ultima guerra in Francia al governo di Tours

1) *Les Mondes*, ottobre 1863.

ed alla Academia delle Scienze furono presentati moltissimi progetti relativi alla direzione degli aereostati; ma in vero mancarono tutti per lo meno delle condizioni necessarie alla attuazione.[1] Dirò solo delle prove attuate, e prima del globo ad elici dell'ammiraglio Labousse, che venne sperimentato durante l'assedio di Parigi, e poi dell'aereostato del celebre ingegnere navale M. Dupuy de Lôme, che fu progettato in quel tempo, e provato finita la guerra.

"L'ammiraglio Labrousse fece costruire un globo capace di 2000 metri cubici di gas, e congegnò alla navicella un sistema di due elici, che dovevano esser mossi dai quattro aereonauti, suoi marinai. La nota relativa scritta da M. Labrousse all'Academia delle Scienze si riassume in questi termini.

"Il pallone *le Duquesne* è partito questa mattina (9 gennajo 1870) dalle officine di M. Godard, proveduto del mio sistema d'elici. Il vento lo portava direttamente all'est, verso i prussiani; ed, ho quindi raccomandato agli uomini di fare agire gli elici in modo da spingere il pallone al sud. Le persone presenti giudicarono che il pallone andò guadagnando in questa direzione; possiamo dunque sperare che esso non cadrà nelle mani dei prussiani; ma che invece verrà diretto verso Besançon, e forse cadrà in Isvizzera.,,

Ma il pallone invece non si potè togliere dalla direzione est; era quella del vento, e cadde vicino a Reims.

Il signor comm. Blaserna, professore di fisica all'università di Roma, ripetè pure in quest'anno quella sua esperienza di un piccolo aereostato di forma sferica, mosso da un piccolo

---

1) Gaston Tissendier, *En ballon pendant le siège de Paris. Souvenir d'un aéreostier*. Paris, 1871.

elice situato nella navicella, ed un mio Amico, capitano nel Genio militare, che mi fu collega nell'insegnamento della fisica, mi scriveva, non sono molti giorni, aver veduto quel palloncino seguire nello spazio una via spirale, determinata dalla forza ascendente dell' aereostato, dalla velocità dell'elice e dalla inclinazione del timone.[1]

Ma un aereostato sferico in grande gira facilissimamente intorno al diametro che passa pel centro di gravità, come venne osservato da tutti gli aereonauti, e poichè va così soggetto continuamente a movimenti di deviazione, non può far rotta sicura, come si dice in marina. E nel fatto il lavoro dell'elice sotto diverse orientazioni è di un risultato meschinissimo. — Ma poi, vuolsi rimorchiare una sfera; mentre non venne mai in mente umana l'idea di una barca esternamente fatta come melarancia, e rimorchiata poi con *corde* da una forza situata molto al disotto d'ogni asse di tale barca! Egli è quindi che un pallone sferico ordinario munito d'elici, per quanto potenti si pensino, non sarà mai dirigibile ove si voglia; un ampio timone non basterebbe a mantenere la rotta in linea.

Descrizione dell'aereostato dirigibile di M. Dupuy de Lôme.[2]

La superficie dell'aereostato può considerarsi come quella che verrebbe descritta da un arco di cerchio che ha 7 metri di freccia e gira intorno la sua corda lunga 42 metri. Questa corda corrisponde all'asse orizzontale dell'aereostato la cui lunghezza è ridotta a 40 metri, poichè per la solidità della costruzione le due punte sono rotondate con forma sferica.

---

1) Blaserna, Sul metodo di dirigere i palloni volanti. Ed. Loescher.

2) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, octobre 1870, fevrier 1871. *Note sur l'Aérostate à hélice*, ecc. Paris, Gauthier-Villars, 1872.

Il volume risulta quindi di 3860 metri cubi, e la sezione principale perpendicolare all'asse è di 154 metri quadrati.

La resistenza alla sformazione della figura dell'aereostato sotto l'azione del vento, che proviene dalla velocità propria del sistema volante, è conseguita mantenendosi il gas nell'interno ad una tensione un poco superiore alla pressione dell'aria ambiente.

Per opporsi alla sformazione dell'aereostato sotto l'azione delle numerosissime funi, che portano il carico della navicella, Dupuy era incerto se adottare una trave che sarebbe stata lunga non meno di 30 metri, la quale doveva rimanere orizzontalmente tra l'aereostato e la navicella, legandosi intorno ad essa quelle funi che sarebbero discese per tutta la lunghezza dell'aereostato: e dalla trave altre funi avrebbero sorretto la navicella; ma si decise per una navicella costruita rigidamente, lunga metri 12,60, larga 3,26. Mediante due reti concentriche, congiunte ad una camicia di seta, adattata esattamente su tutto il dorso dell'aereostato, cercò tenere in sesto tutto il sistema.

Dalla rete esterna discendono le funi che portano direttamente la navicella : quelle che discendono dalla rete interna concorrono ad un punto situato sulla verticale che congiunge i centri di gravità dell'aereostato e della navicella, e formano così i lati di un cono circoscritto all'aereostato; dal vertice d'esso partono quindi alcune funi che portano la navicella a bilanciere *(filet de balancine)*.

Il timone si componeva di una vela triangolare sotto il pallone, ben vicino alla punta posteriore; era tenuto in sistema da un'asta orizzontale lunga 6 metri, e poteva girare intorno ad una corda infilata ad uno de'suoi lati. L'altezza di

tale vela era di 5 metri, l'area 15 m. q. — Due funi come redini discendevano alla navicella là ove doveva stare il guidatore, il quale osservava la bussola con la linea di fede parallela al grande asse dell'aereostato.

L'elice, a due ali, aveva 9 metri di diametro ed era congegnato direttamente sulla navicella. Quest'organo propulsore stava a 17 metri circa al di sotto del grande asse dell'aereostato. Otto uomini erano destinati al suo movimento. Il verricello si componeva di un albero di ferro a gomiti, le cui manovelle erano disposte in modo che il centro di gravità dei corpi de' quattro od otto uomini, che le movevano, restava sensibilmente nello stesso luogo.

Il sistema delle funi che congiungevano la navicella all'aereostato era studiato molto rigorosamente in tutte le sue parti per evitare la deformazione di questo sotto l'azione della forza *rimorchiatrice*, prodotta dall'elice, ripetiamo, a *diecíasette metri* sotto l'asse dell'aereostato. M. Dupuy credette inoltre dover garantirsi di quella condizione necessarissima mediante un palloncino situato come vescica aerea entro il corpo dell'aereostato, e quello poteva avere un volume che sarebbe stato un decimo del volume di questo, 880 m. c. Un ventilatore situato nella navicella veniva posto in azione dagli aereonauti allorquando si avesse dovuto cacciar l'aria per un tubo entro al palloncino. Alcune valvule automaticamente regolavano la tensione del gas nell'aereostato, e dell'aria in quel sacco interno.

L'involucro del pallone si componeva di due tele che erano l'una taffettà di seta bianca, l'altra *nansouk*, con sette strati di *caoutchouc* tra esse due. Nell'interno v'era data una vernice a base di gelatina.

Il pallone venne riempiuto di gas idrogene, per cui si calcolò che poteva innalzare un peso di chilog. 3799,7. — Il suo peso e quello del carico si componevano:

Tela dell'aereostato, valvule e tubi pendenti,	Cg.	570,7
Camicia e reti	»	180
Cordaggi ed accessori	»	60
Timone, sue carrucole e corde	»	14
Navicella e suoi fornimenti	»	585
Elice	»	75,6
Verricello, albero dell'elice e cuscinetti . .	»	78,9
Ventilatore	»	49,5
Ancora e sua fune	»	70
Fune strisciante per l'ancoraggio	»	40
Corde per trarre a terra la navicella . . .	»	30
Quattordici uomini d'equipaggio	»	1050
Bagagli e viveri	»	98
Istrumenti d'osservazione e carte	»	23
Carico da portarsi a destinazione	»	275
Zavorra disponibile	»	600
Totale, che eguaglia la forza d'ascensione,	Cg.	3799,7

Del calcolo della velocità orizzontale dell'aereostato nel seno dell'aria ambiente, e della potenza da svolgersi per conseguirla, addì 17 ottobre 1870, M. Dupuy diceva all'Academia delle Scienze.

"Dobbiamo calcolare la resistenza che incontrerà il sistema volante attraversando l'aria, ed abbiamo che la sezione principale dell'aereostato perpendicolare all'asse è 154 mq. quella della navicella e quella delle parti de' corpi degli uomini esposti all'urto dell'aria sommano circa 4 „ le reti e le corde di seta pendenti . . . . . 10 „

"Se quelle superficie si considerassero come appartenenti a piani sottili, che si muovono perpendicolarmente alla corrente d'aria, per le ricerche fatte in questo argomento da diversi sperimentatori, si avrebbe che la pressione esercitata dalla corrente che ha la velocità di 8 chilometri all'ora (cioè 2^m,222 al secondo) è di chilog. 0,665 per metro quadrato.

"Ma si sa che la pressione di una corrente d'aria diminuisce in grandissima proporzione allorquando queste correnti sono dirette contro solidi così foggiati che facilitano il movimento del gas o del liquido che scorre intorno ad essi.

"Lo studio delle navi ci ha fornito a questo riguardo dei dati numerosi, i quali però mancano ancora per l'aria. Tuttavia, i dati relativi al movimento delle masse aquê, intorno un corpo immenso nel loro seno, possono darci un mezzo per stimare almeno de' *minimi* pel coefficiente di riduzione tra la resistenza de' piani sottili soggetti perpendicolarmente ad una corrente d'aria, e la resistenza de' corpi con un' eguale sezione massima a quella del piano sottile, ma poi così formati da facilitare la divisione dell'aria sul dinanzi, ed il suo ricongiungimento al di dietro.

"Fra le navi paragonabili all'aereostato portatore, che ci occupa, in quanto agli angoli d'incidenza della corrente sul dinanzi, in quanto ai raggi di curvatura delle sezioni longitudinali, ed in quanto agli angoli d'incidenza al congiungimento del fluido nel di dietro, si avrebbe certamente a $\frac{1}{10}$ la riduzione della resistenza sul metro quadrato del piano sottile che viene urtato perpendicolarmente dalla corrente. Vi sono dei navigli in cui questo rapporto discende a $\frac{1}{20}$.

"Ciò posto, non è egli giusto di calcolare la resistenza del-

l'aereostato al moto nell'aria come $\frac{1}{20}$ di quella che avrebbe un piano sottile esteso tanto quanto la sezione massima dell'aereostato, che è perpendicolare alla direzione del movimento, posto però *che il pallone possa conservare la forma regolare del disegno?*

"Ma questa ultima ipotesi non è realizzabile: bisogna tener conto delle bugne che si presenteranno sulla superficie tra le maglie della rete per la pressione del gas; e poichè questa deformazione produrrà grandissimo numero di piccole ondulazioni, credo si debba raddoppiare la resistenza che si calcolerebbe se quella superficie rimanesse liscia.

"In quanto poi alla navicella le forme sono pur studiate in modo da facilitare il suo passaggio attraverso l'aria, per quanto lo permettono le esigenze della sua funzione; ma poichè essa non avrà una superficie liscia, e perchè i raggi di curvatura sono piccolissimi e tiene degli uomini e degli oggetti che non hanno una forma ben definita, così egli è prudente di portare il coefficiente di riduzione della resistenza, in rapporto al piano sottile, ad $\frac{1}{5}$.

Infine, la resistenza delle corde della rete e di quelle di sospensione, perchè hanno un raggio di curvatura molto piccolo, credo bene ridurla ad $\frac{1}{2}$ di quella del detto piano sottile.

Ciò posto, la resistenza dell'aereostato al moto prefisso di 8 chilometri all'ora, che viene ad esso impresso dalla forza dell'elice, si compone:

Pallone, .	154^{mq}	$\times 0^{Cg},665 =$	$102^{Cg},412$	ad $\frac{1}{20}$	$= 5^{Cg},120$
Navicella, .	4	$\times 0,665 =$	$2,660$	» $\frac{1}{5}$	$= 1,330$
Funi, . . .	10	$\times 0,665 =$	$6,650$	» $\frac{1}{2}$	$= 3,350$
			Resistenza totale, chilogrammi . .		$9,800$

"La velocità dell'aereostato è di $2^m,22$ al secondo; il lavoro finale compiuto dall'aereostato che va con questa velocità è dunque di $9,800 \times 2,22 = 21,75$ chilogrammetri.„

Nel dicembre 1871, M. Dupuy presentò alla Commissione incaricata di verificare l'esperienza dell'aereostato una Nota in cui questi calcoli sono un poco modificati, e per la camicia addossata all'aereostato, non essendovi più le bugne nella parte superiore, ridusse ad $\frac{1}{30}$ la resistenza del piano sottile corrispondente alla sezione massima dell'aereostato perpendicolare al movimento; ma perchè dovette impiegare molte altre funi ad alcuni tubi, la resistenza totale si è aumentata, sommando chilog. 11,031; epperò il lavoro dell'aereostato per la velocità di $2^m,22$ al secondo si ritenne essere di 24,48 chilogrammetri.

L'organo motore era un elice a due ali; aveva 9 metri di diametro, ed 8 di passo; presentava in ciascun'ala una frazione di passo che era $\frac{1}{18}$ all'estremità e $\frac{1}{10}$ al centro d'azione. Egli ritenne che il prodotto del passo dell'elice pel numero dei giri non avesse bisogno di superare il 26 per 100 del cammino percorso dall'aereostato nell'aria ambiente in quello stesso tempo; e così ebbe che 21 giri doveva far l'elice al minuto per imprimere all'aereostato la richiesta velocità di 8 chilometri all'ora.

Calcolò quindi il lavoro necessario per mettere in movimento quell'elice, che si compone della spinta parallela all'asse moltiplicata pel prodotto del suo passo nel numero dei giri, del lavoro per lo sfregamento delle ali nell'aria, e del lavoro per lo sfregamento dell'albero sui cuscinetti, ed ebbe il lavoro totale di chilogrammetri 33,13. Nella Memoria letta all'Academia delle Scienze il 17 ottobre 1870 concludeva:

"Ho voluto dimostrare, e mi pare aver stabilito in modo plausibile, che ci abbisognerà tutto al più una potenza di 34 chilogrammetri per imprimere all'aereostato progettato, mediante l'elice descritto, una velocità di 8 chilometri all'ora per rapporto all'aria ambiente, e che quattro uomini al lavoro, con due di riserva, potranno bastare per 10 ore.„

Ragionando poi sulla stabilità del sistema volante in quanto alle funi che congiungono la navicella all'aereostato conclude, "che pei movimenti, che avvengono nella navicella, può ritenersi tutto il sistema come rigido:„ asserzione per vero un po' azzardata. Ed è una condizione necessaria per non aver perdita di forza, come averrebbe se l'asse dell'elice non si mantenesse parallelo all'asse dell'aereostato, nel caso di un qualche movimento degli aereonauti.

E ragionando della deviazione dell'aereostato in moto rispetto alla sua posizione d'equilibrio in riposo, considerato pur lo spostamento del centro di gravità del sistema, e *ritenuto* che alla partenza la verticale del centro di gravità dell'aereostato passi pel centro di gravità della navicella col suo carico, conclude "che con quello *sforzo limitato* dell'elice può ancora ritenersi che l'asse dell'aereostato con l'asse della navicella non faccia mai un angolo di una qualche importanza.„ Anche questa è una asserzione molto azzardata.

Traduco a lettera il rapporto della Commissione nominata dal Ministro dell'Istruzione Publica a presiedere l'esperimento dell'aereostato di M. Dupuy.[1]

---

1) Il Governo Francese aveva accordato al signor Dupuy per le esperienze 40,000 franchi.

Signor Ministro,

"Gli aereostati erano appena inventati che fu desiderio d'ognuno di dirigerli e di trasformare per tal modo in una navigazione aerea ciò che nella celebre esperienza di Montgolfier non era che una semplice ascensione.

"La possibilità della direzione dei palloni era stata enunciata come probabilissima nella relazione presentata all'Academia delle Scienze il 23 dicembre 1783.

"Guyton de Morveau, academico di Dijon, cercò mediante l'esperienza di trasformare questa probabilità in certèzza. Egli pose in pratica, con alcuni suoi colleghi, i principî che egli aveva rassegnato l'11 dicembre; costruì un pallone quasi sferico, riempiuto di gas idrogene, che teneva una prua ed un timone di tela, ed era proveduto di remi; e, dopo due prove poco fruttuose, egli pervenne a farlo deviare sensibilmente dalla direzione che veniva ad esso impressa dal vento, che però soffiava non molto forte; ed egli provò, facendo alcune evoluzioni, che la direzione degli aereostati è possibile.

"Quelle prove non furono però seguite da altre, e malgrado l'impiego dei palloni come ausiliarî nell'arte della guerra, durante le campagne della Rivoluzione e del Consolato, non si vide più riprodursi i tentativi della direzione degli aereostati.

"Egli non è che questo problema non sia uno di quelli che attirano di più l'imaginazione, ma i suoi slanci non bastano alla soluzione. E per vero gli annali della scienza non registrarono che de' progetti così informi, che i dotti versati nello studio della meccanica non ne consigliarono l'esecuzione.

"Non bisogna però classificare fra questi quelli che furono

effettuati da M. Giffard nel 1852 e poi nel 1855, ingegnere ben noto pel injettore automatico, che porta il suo nome; ed egli, essendo appassionatissimo per l'aereonautica, ha consacrato al suo studio, in modo ben perseverante e dotto, gli ozî e la fortuna che dovea al successo della sua invenzione.

" Nel suo esperimento del 1855 fece uso di un pallone a forma allungata, capace di 4500 metri cubi di gas, fornito di una vela-timone e di un propulsore ad elice, che veniva mosso da una macchina di tre cavalli-vapore. Ma le proporzioni dell' aereostato e la mancanza di un mezzo proprio a mantenere il pallone gonfiato resero quella ascensione pericolosa per quelli che la eseguirono.

" L' aereostato s' innalzò rapidamente a 500 metri e poi rimase per 20 minuti quasi stabile.

" La macchina messa in movimento dovette imprimere al pallone una certa velocità, ma questa era debole e non fu misurata. Nella discesa, il pallone, diminuendo di volume, s' inclinò sempre più avvicinandosi a terra. La sua inclinazione era tale, a 200 metri dal suolo, che il gas usciva, a causa della sua leggerezza specifica, per l'appendice, che non si trovava allor abbastanza al di sotto. Furono obligati di gettare via ogni cosa per arrivare a terra senza pericolo. Nel momento in cui toccavano terra, il pallone aveva una inclinazione così pronunciata che potè uscire dalla sua rete, la quale cadde sulle teste degli aereonauti. Il pallone fece allora una seconda ascensione libera, e ricadde quindi in due pezzi di grandezza eguale, che furono raccolti ad una breve distanza dal punto in cui erasi effettuata la discesa. Il tempo era tuttavia bello. Quantunque M. Giffard abbiasi poi occupato

dello studio sul buon apparecchio de' tessuti per gli aereostati, e le sue esperienze co' palloni legati abbiano provato queste sue ricerche, egli non ha publicato alcuna cosa che tendesse ad attuare meglio la direzione degli aereostati, e la forma allungata, che è necessaria, rimase per gli aereonauti un soggetto d'inquietudine in quanto alla stabilità.

"I progetti che si riferivano ad un mezzo pratico per risolvere questo problema si succedettero rapidamente durante l'assedio. Il pallone divenne il solo mezzo di far pervenire in provincia le nuove di Parigi, ed il successo di questi messaggi aerei condusse nuovamente molti ingegni a riflettere sopra que' mezzi, pel ritorno, che valessero a portarci le notizie alla capitale. Ma quantunque tali progetti sieno stati elaborati sotto l'influenza di un sentimento generoso, quasi tutti dimostrarono nei loro autori più il patriottismo che la scienza. Epperò, fra la moltitudine delle comunicazioni fatte sopra questo soggetto all'Academia, non havvene che un piccolo numero nelle quali si manifestano alcune buone idee, che possono pur esser utili in seguito, se vi sarà un bell'ingegno che, pratico de' principî della meccanica, farà uno studio profondo e razionale sulla costruzione de' palloni dirigibili.

"Il desiderio di veder sorgere un tal lavoro ebbe piena soddisfazione nella seduta del 10 ottobre 1871, nella quale M. Dupuy de Lôme espose verbalmente all'Academia i suoi piani per la costruzione di un aereostato dirigibile, piani che furono inseriti nei Conti Resi, addì 17 dello stesso mese. Coloro che ascoltarono quella lettura furono tutti convinti che la ricerca della direzione degli aereostati entrava in una nuova fase, che faceva un grande passo, e tutti si mostrarono pieni di fiducia nei progetti di navigazione aerea dell'abi-

lissimo ingegnere, il quale aveva modificato in una maniera così profonda e felice le nostre flotte da guerra. Ed il decreto del governo della difesa nazionale, che incaricò M. Dupuy de Lôme di far eseguire per conto dello Stato un aereostato dirigibile, conforme alle vedute che egli aveva esposto all' Academia delle Scienze, fu un segno dell' universale approvazione. Essa fu ancor più viva allorquando si seppe che un altro progetto il quale, per mancanza di meglio, era stato accettato dalla commissione scientifica della difesa nazionale, non aveva corrisposto interamente a quanto si aveva sperato.

"Il signor Dupuy de Lôme pose come assioma, che il pallone dirigibile doveva avere la forma allungata; ma la difficoltà a risolversi prima di cercare lo studio delle altre numerosissime questioni sollevate dalla costruzione di una nave aerea, si era la ricerca di un mezzo capace di mantenere sempre gonfiato l'aereostato con una pressione interna leggermente superiore a quella della pressione atmosferica, in modo che alle diverse altezze nell' aria, quella forma si fosse sempre mantenuta. Ed egli inventò un diafragma che, separando nel pallone uno spazio interno designato col nome di palloncino, viene mantenuto pieno d' aria, quando così abbisogna, e ciò mediante un ventilatore. Quel palloncino è quindi destinato a tenere l' aereostato sempre gonfio, ed a funzionare nell' ascesa e nella discesa, così come la vescica natatoria de' pesci.

"Più occupato de' calcoli che della ricerca de' manoscritti conservati nelle biblioteche, M. Dupuy non poteva conoscere ciò che sanno per dovere coloro che custodiscono queste collezioni, e però egli ignorava l' esistenza in quelle del Conservatorio delle arti e mestieri d' un progetto di Monge, scritto

"Quantunque i raggi del sole, che risplendevano, il 1° febbrajo, non si sieno conservati come davano a sperare, e che il vento del mattino susseguente fosse molto più forte di quanto era stato calcolato da M. Dupuy per bene eseguire le sue esperienze, il pallone, il cui gonfiamento erasi compiuto in quella mattina, alle 11 era pronto alla partenza. Ma fu ritardata per un accidente avvenuto alla navicella. Questa avaria fu subito riparata, e all'una l' aereostato maestosamente s'innalzò nell'aria trasportando nella navicella ben *quattordici viaggiatori*. M. Dupuy ed i suoi principali collaboratori, e nove altri formavano l'equipaggio. Dopo dieci o dodici minuti l'elice fu posto in azione. E come questo si muoveva, il pallone ci si presentava successivamente sotto diverse faccie, e ben si videro gli effetti conseguiti dall'uso del timone senza alcuna difficoltà. Dopo questo primo tempo si dovette attendere da M. Dupuy de Lôme stesso il racconto del viaggio; ma ognuno di noi ritirandosi era pieno di speranza di ricevere bentosto la nuova che le previsioni, quali avevano inspirato la costruzione dell'aereostato, si erano realizzate. — Queste speranze non furono vane; il telegramma inviato a Parigi da Noyon, ove discesero dopo due ore di felice navigazione aerea, diceva in fatto: "Riuscita completa su tutti i punti, tutti i nostri compagni sono in buona salute e sorpresi.„ Dev'esser stata certamente una bella gioja per M. Dupuy, il quale terminava tanto bene un sì lungo studio, e pe'suoi collaboratori principali, M. Zédé, ingegnere navale, e M. Yon, aereonauta passionato. In due ore essi avevano potuto percorrere 106 chilom., assicurando, mediante uno speciale anemometro, che otto uomini potevano imprimere al pallone una velocità di 2^{m},82 ad ogni secondo, ve-

locità sensibilmente eguale a quella calcolata, ed assicurando che poteva percorrere una via ad angolo di 12 gradi con la direzione del vento, che soffiava con una velocità di 16 a 17 metri per secondo[1]. Si ebbero alcuni traballamenti leggieri, i quali, oltre dall' inesperienza del timoniere, provenivano in gran parte dalla mancanza di un congegno indicato da M. Dupuy nella sua memoria all' Academia, omesso per più semplicità. Il timone aveva funzionato perfettamente, e la linea di poppa a prua erasi mantenuta nella direzione voluta. Il *punto* fatto nella navicella, combinando la velocità del pallone portato dal vento, allorchè si teneva l' elice immobile (velocità ottenuta da un rilievo segnato direttamente sulla terra) con quella che ad esso veniva impressa dall' elice, dedotta alla sua volta dal movimento dell' anemometro, era stata fatta così esattamente come si fosse nella cabina di un bastimento, e la discesa, effettuatasi sul luogo disegnato nella carta, avveniva felicissimamente, malgrado la velocità del vento (17 metri al secondo) che soffiava in quel tempo.

Il resto della relazione è per noi meno importante, dobbiamo ometterlo per brevità. Sono firmati: Balard, H. Saint-Clair Deville, Delaunay, Jamin, B.ne de Berkheim, Dumesnil, Bouin.

---

1) Le esperienze venivano fatte a brevi intervalli come segue:
Ore 2 e 15 m., movendosi l' elice,

Altezza.. 600 m.
Temperatura.................................... 5 g.
Direzione media della prua..................... S. E.
Numero degli uomini all' elice................. 8
Numero dei giri dell' elice, al minuto......... 37 $\frac{1}{2}$
Velocità propria dell' aereostato, misurata dall' anemometro..................................... 2^m,82 al sec.
Ossia.. 10^{Chm},252 all' ora

Nel giornale *Der praktische Maschinen-Constructeur*[1], l'ingegnere meccanico Haenlein descrive il suo aereostato dirigibile, le cui esperienze costarono alla associazione artigiana dell' Austria Inferiore non meno di 30 mila fiorini.

L'aereostato aveva la forma di un ellissoide co' vertici allungati; l'asse misurava metri 50, il diametro della maggior sezione metri 9,2. Una rete di corde addossata all' aereostato terminava in moltissime funi, le quali in modo complicato si legavano ad una trave, lunga quasi 5 metri, situata orizzontalmente tra il pallone e la navicella: questa poi sorreggevano. Nell' interno dell' aereostato un palloncino veniva gonfiato ad aria come faceva bisogno alla stabilità del sistema. Il volume dell' aereostato riusciva di 2408 metri cubi.

Nella navicella era situata una macchina motrice a gas idrogene, sistema Lenoir, della forza effettiva di cavalli-vapore 3,6. L' elice, mosso da questa macchina, aveva metri 4,6 di diametro, 6 di passo, ed era a 4 ali.

Il peso di tutto quel congegno si componeva:

Peso delle tele verniciate	chilog.	350
Rete e funi	»	146
Navicella	»	124
Trave, timone, accessorî	»	249
Elice, con le ali di sottile lamina di ferro	»	79
La macchina a gas e rinfrescatori . .	»	333
Batteria elettrica ed induttore	»	50
Aqua per raffreddare i cilindri della macchina	»	75
	Totale, chilog.	1406

1) *Verlag von Baumgartner's Buchhandlung. Leipzig*, 1874, num. 1, 2, 3.

in causa delle rigonfiature dell' aereostato che si fanno tra le maglie della rete egli calcolò come doppia la resistenza che presenta la superficie liscia.[1]

Dai disegni e dalle descrizioni delle parti del sistema aereostatico del signor Haenlein si scorge non aver egli l'ingegno meccanico per questi congegni; e nel fatto, le esperienze eseguite a Brünn dimostrarono l'imperfezione de'suoi meccanismi. Però, la commissione incaricata dalla Società promotrice di quelle prove attestò, che l' elice comunicava all'aereostato una velocità propria di 2 a 3 metri per ogni secondo, e che il timone conseguì il suo effetto; ma si trattenne sempre l' aereostato, non credendosi di poter arrischiare una libera volata. Nella navicella non poterono mai esser portati in aria più di due aereonauti. — Si dice che il signor Haenlein si occupi sempre del miglioramento del suo sistema, ma fino ad ora non si ebbero da lui altre esperienze publiche.

In Inghilterra si sarebbero pur esperimentati alcuni aereostati dirigibili a forma ellissoidale; ma i legami della navicella con l' aereostato non sembrano bene studiati, poichè i movimenti degli elici, situati sempre nelle navicelle, non mantenendo il centro di gravità del sistema in equilibrio stabile, rispetto alle altre parti del corpo volante, producevano de' continui movimenti di fluttuazione del gas entro

---

1) *Der Widerstand für die Dampfschiffe variirt von $\frac{1}{40}$ - $\frac{1}{80}$ von dem Widerstande, den eine ebene Fläche gleich dem grössten Schiffsquerschnitt erfährt; da nun, ohne irgend welche Schwierigkeiten, ein Ballon in der Form der Wasserlinie mittelscharfer Dampfschiffe (deren Coeff. = $\frac{1}{60}$) ausgeführt werden kann, so dürfte der entsprechende Coefficient für den Ballon um die Maschen des Netzes etwas auf $\frac{1}{20}$ - $\frac{1}{30}$, das ist 2 - 3 Mal so gross. — Gior. cit.*

l'aereostato, per cui, oltre un costante pericolo, vi era una continua perdita di quella forza viva che poteva dare l' elice al moto effettivo di translazione del sistema. [1]

In Italia vennero pur progettati un buon numero di aereostati dirigibili, secondo le menti dei loro inventori; ma non furono che illusioni. È facil cosa ideare e descrivere un corpo volante sia pur simile all' Ippogrifo di Ariosto; ma poi nella attuazione ogni linea del disegno diviene una trave, ed ogni prova riesce impossibile.

Letti e ristudiati i progetti dei nostri nazionali, publicati fino ad oggi, mi duole dover dire, tornar meglio per loro che non se ne discorra.

1) *We have seen sausage-shaped balloons turning up on end very curiously, and the gas swaying from one extremity to the other in a very uncomfortable manner. And if all this takes place when merely floating, how much more so when an effort is made to* drive, *not in a line with the centre of displacement, but, as it is in all cases attempted, very near the* centre of gravity? *It is something like a boy tying his string to the bottom of his kite instead of to the line of the centre of resistance. We make these remarks in order to illustrate one of the sources of waste of energy.*

Sir James Glaisher, Eighth Annual Report of the aëreonautical Society of Great Britain. Printed by Henry S. Richardson, Greenwich, *1873.*

PARTE TERZA

Il progressivo sviluppo dell' aereonave

Da più anni alcune considerazioni sopra le fisiche scoperte ed il progresso dell' umanità mi fecero credere entro i limiti della nostra potenza esser pure il dominio dell' atmosfera, e dissi: "come sull' aqua e sulla terra vinciamo gli animali nel corso, così coi volatili vinceremo la prova.,,

Nel 1867, osservando un falcone librato nell' aria, fui mosso a svolgere il problema dell' aereonautica: imaginai una *aereonave* sulla cui tolda potevano starsene gli aereonauti. Il centro di gravità del sistema rimaneva perciò molto al disotto del centro di sospensione, ed era determinato principalmente da una parte del carico dell' aereonave, il quale pendeva da tre funi aggruppate come ne' cervi volanti: le due laterali, fisse ai bordi della nave nella sua maggior larghezza, rimanevano sempre egualmente lunghe; mentre la terza, che scorreva dal vertice della prua, dovevasi regolare dall' aereonauta, poichè, allungandosi o raccorciandosi, il centro di gravità del sistema si trasportava diversamente rispetto al centro di sospensione, e la tolda si dirigeva obliquamente all' orizzonte, con la prua verso all' alto o al basso. La macchina motrice delle ali doveva situarsi nel mezzo della tolda, ed avrebbe esercitato direttamente la sua forza su certe ali ai fianchi dell' aereonave.

Queste idee mi parvero adatte a risolvere il problema; e mosso specialmente dalla fantasia volli publicare quella mia

soluzione, sperando dalla discussione trovar ciò che doveva completare questo primo abbozzo. [1]

Quella publicazione di uno studio così imperfetto mi rincrebbe assai; e fu di poi un continuo stimolo che mi eccitava al compimento del mio progetto. — M' accorsi quindi che quella aereonave non presentava il massimo volume col minimo peso e con la minima resistenza al moto che le venisse impresso da una macchina ad essa applicata. Ma soltanto dopo due anni mi si presentò alla mente quella forma d' aereostato che in fine ho stabilito esser di una semi-ellissoide verso poppa, e di una speciale figura semi-ellissoidale verso prua, le quali hanno le basi comuni. L' asse di questo aereostato, che coincide coi semi-assi di quelle ellissoidi, è formato di una trave d' abete vuota, lunga tre volte il diametro della base comune d' esse ellissoidi, la qual base incontra quell' asse ne' suoi due terzi, contati dal vertice di prua. Vicino alla metà di detto asse una simil trave è ad angoli retti con la prima, e nell' aria sta poi sempre orizzontale, poichè dalle sue estremità pendono quelle funi eguali che portano in quattro punti la navicella come un piatto di bilancia. Una fune discende dall'estremo dell'asse a prua, e s'avvolge intorno ad un verricello situato nella navicella; con questo l' aereonauta la regola nella lunghezza come vuole dirigere l' asse dell' aereostato in su od in giù. Due puntoni ed alcune funi tengono in un sistema rigido l' asse dell' aereostato ed il diametro orizzontale. — L' elice divenne quindi l'organo

---

1) Tipografia Sacchetto. Padova, 1867. — In quello stesso anno il librajo Münster di Verona mi pregò di due traduzioni, ch' io feci, senza altri studî, l' una in francese l' altra in tedesco.

di propulsione, tenendo l'asse sempre per diritto con l'asse dell'aereostato. Ed or in fine una robusta tela di forma romboedrica si distende sul dorso dell'aereostato, e co' vertici va a sorreggere i quattro punti che sopportano il carico dell'aereonave, e sono i due estremi della trave diametrale, e que' due dell'altra trave, che è l'asse dell'aereostato. Su quella robusta tela si esercita tutta la pressione del gas dal basso all'alto; e sorreggendo il carico, impedisce pure lo stiramento del tessuto, che forma quella parte dell'aereostato in cui più facilmente potrebbe squarciarsi. A poppa in una opportuna nicchia verrà situata la macchina motrice dell'elice, e lo muoverà direttamente molto vicino al mozzo nel quale stanno inserite le ali. Ogni parte è or così congiunta ed articolata alle altre, che in breve tempo una aereonave, sia pur lunga nell'asse 24 metri, può riporsi tutta in una cassa lunga 4 metri, larga e profonda men di 1 metro.

Gravissimo pensiero mi fu sempre quello della macchina motrice dell'elice. Per molto témpo studiai le macchine elettro-motrici; ma poi dovetti abbandonare ogni idea non trovandole sufficienti, e mancandomi pur i mezzi al compimento delle esperienze che tentai di fare. Ma come il pensiero della invenzione di un motore conveniente a quella aereonave mi teneva sempre occupato, mirai alle modificazioni delle macchine a gas idrogene, e due di tali macchinette volli costruire, che non mi riuscirono bene, perchè l'opera richiedeva una precisione molto maggiore di quella con la quale furono fatte. La prima si sformò nel cilindro dopo alcuni colpi, l'altra, che era più complicata, non ebbe mai un movimento regolare e continuato.

In quel tempo vedendomi nella impossibilità di procedere

particolareggiatamente perchè possono valermi, così che altri non abbiano tutti i vantaggi, nel caso ch'io non fossi soccorso nella mia impresa. I disegni d'ogni cosa e le descrizioni affidai però al R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere.

Or dirò delle ultime macchine che volli costruire per meritare il premio Cagnola.

Feci un nuovo modello dell'aereonave il cui aereostato era capace di 10 metri cubi di gas; misurava in lunghezza 5 metri, il diametro della sezione massima era di 2 metri. L'elice, il cui asse coincideva nell'asse dell'aereostato, misurava 2 metri nel passo e 2 nel diametro. Un grave del peso di 1 chilogramma legato ad una delle estremità di un lunghissimo cordoncino, che era avvolto convenientemente intorno all'albero dell'elice, svolgendo esso filo poneva l'elice in moto facendogli fare 45 giri al minuto.

Gli esperimenti che feci verificarono le teorie; ma per vero non si vedranno in tutta la loro importanza gli effetti dell'elice e del timone se non quando potrò avere un'aereonave con tutti i suoi perfezionamenti.

Verso la fine del 1873, leggendo alcuni libri di chimica, mi venne l'idea di usare un gas liquefatto come forza motrice, poichè in un piccolo volume si può immagazzinare quel liquido, che si sviluppa in gas con grandissima tensione solo pel calore somministrato dall'atmosfera.

L'idea dell'applicazione di un gas come forza motrice in sostituzione del vapore d'aqua non era nuova, epperò ricorsi alle opere degli altri investigatori di tali mezzi meccanici.

Al mio scopo il gas ammoniaco mi si presentò come il più adatto:

1° Perchè quel gas facilmente possiamo liquefarlo.

2° Perchè si condensa precipitosamente nell'aqua in grandissima quantità aumentandone la temperatura.

3° Perchè il gas ammoniaco, che comprime quella sua parte liquida che sta nel vaso in cui è contenuta, esercita una pressione a 0° di atmosfere 4, 1; a 5° di atm. 5; a 20° di atm. 6,1; a 15° di atm. 7,2; a 20° di atm. 8,5; a 25° di atm. 10.

4° Perchè pur svolgendosi possiamo riscaldare i suoi vapori con pochissimo dispendio di calore, essendo la caloricità di quel gas liquefatto 0,5080 in peso e 0,2994 in volume.

5.° Perchè 15 chilogrammi di ammoniaca liquefatta possono fornirci facilmente per più di un'ora la forza di un cavallo-vapore.

Per liquefare il gas ammoniaco vi sono più modi. Bunsen soleva liquefarlo facendolo passare per una colonna di idrato di potassa in un lungo tubo verticale raffreddato a 40° sotto lo zero, impiegando a ciò un miscuglio di neve e cloruro di calcio cristallizzato. A questa temperatura si liquefa con la pressione di 0,7 d'atmosfera. Non è molto che si riuscì pure a produrlo mediante la compressione svolta dallo stesso gas molecola a molecola. Questo metodo, scoperto da Liberto Bacelli, professore di fisica a Modena, viene generalmente attribuito a Faraday, e nel caso del gas ammoniaco egli espose il suo processo con le seguenti parole: "Il cloruro d'argento secco assorbe una grande quantità di gas ammoniaco secco: 100 grammi del primo condensano 150 pollici cubi del secondo; ma la combinazione così formata si decompone già alla temperatura di 100° Fahrenheit (37°,17 Celsius). Rinchiusi una porzione di questo composto in un

cogliere il vapore d'aqua; un tubo dava passaggio a quel gas che si svolgeva dalla caldaja conducendolo in un secondo vaso, che doveva contenere una buona quantità di calce viva per disseccarlo; e disseccato per un altro tubo a serpentino si versava nel terzo vaso che è il condensatore, e perciò questo doveva immergersi in un recipiente di ghiaccio e sale.

Un tubo chiuso discendeva entro la caldaja per immergervi nell'olio il termometro, che avrebbe indicato la temperatura a cui s'innalzava la soluzione ammoniacale. Un tubo di vetro doveva mostrare il livello del gas liquefatto nel condensatore; un manometro ne avrebbe segnato la tensione. Con rubinetti si chiudeva il gas nel suo recipiente. Ma il prezzo che esigeva quell'abilissimo meccanico era superiore ai miei mezzi, e dovetti abbandonare il pensiero di un così buon apparato. Ricorsi quindi alla officina Neville, e per quella forzata economia, che rese sempre imperfette le mie macchine, non commisi che due vasi semplicissimi: quello che deve contenere il gas ammoniaco liquefatto ha soltanto due rubinetti con le cannelle a bocchettone, l'una si mette in comunicazione con la caldaja, l'altra serve a far uscire l'aria dai recipienti come viene innanzi cacciata dal gas.

A questa cannella nelle esperienze applicava un manometro Bourdon, che mi fu regalato. I due capi di un lunghissimo serpentino di ferro s'imboccano con vitoni ai due tubi che partono l'uno dal mezzo della cupola della caldaja, l'altro dalla cannella del vaso raccoglitore del gas liquefatto. Con questo apparato feci alcune esperienze; ma quantunque il termometro immerso nell'olio contenuto nel tubo che discende nella caldaja avesse segnato 140 gradi, non ebbi mai una buona quantità di gas ammoniaco liquefatto, e due volte

avendo innalzato la temperatura fino a 145 gradi m' accorsi che il vapore d'aqua si precipitava nel vaso della condensazione, e di vero allorquando potei aprirlo era ben un quarto pieno di una soluzione ammoniacale. Attribuii questo inconveniente alla ammoniaca acquistata, la cui densità era 22° Beaumé, e quindi cercai ridurla a maggior concentrazione; ma i miei apparati non si prestarono bene. Ottenni però alcun poco di gas liquefatto, che doveva esser molto injettato di vapor d'aqua, perchè essendo la temperatura di 25 gradi segnava al manometro 8 atmosfere, mentre puro avrebbe dovuto segnarne 10.

Misi quindi quel vaso mediante un tubo di gomma, costruito a questo fine, in congiunzione con una macchinetta a due cilindri, che mi fu pure costruita secondo i miei disegni dalla officina Neville, e questa si mosse girando da principio con la forza che giudicai molto vicina ad un cavallo-vapore; ma quella forza andò scemando ad ogni colpo di stantuffo, cosicchè la macchina si fermò dopo pochi secondi, lavorando in fine a sbalzi.

Il manometro intanto si fendè essendo stato intaccato nelle saldature dal gas ammoniaco, e così non potei osservare le variazioni della tensione del gas entro il recipiente. L'ammoniaca scaricandosi dai cilindri per due tubi di gomma, che si congiungono in uno, entro a questo attirava l'aqua in cui si condensava aumentandone sensibilmente la temperatura. Era l'aqua di un recipiente nel quale stava immerso il vaso dell'ammoniaco liquefatto ed il serpentino pel quale passava il gas prima di arrivare al tubo di gomma, che lo conduceva ai cilindri della macchina.

Chiusi i rubinetti, e levato il manometro, col pollice cercai

Dai modelli dello scheletro dell'aereostato e da quelli della navicella, dal calcolo del gas necessario per dare un moto proprio all'aereonave non minore di 500 chilometri in ciascun viaggio, e dal calcolo dei pesi di tutte le altre parti necessarie ad una tale aereonave, venni a concludere, che essa diverrá capace di due aereonauti se l'aereostato riempiuto d'idrogene per $\frac{1}{3}$ e di gas ammoniaco per $\frac{2}{3}$, sarà lungo 24 metri; che se si vorrà empiuto di gas idrogene, servirà per quattro aereonauti. Il diametro della sezione massima perpendicolare all'asse sarebbe di 8 metri; il volume risulterebbe di 800 metri cubi. — La spesa per la completa costruzione di una così fatta aereonave non sarà maggiore di 15000 lire.

A S. M. il Re, gelosissimo d'ogni gloria nazionale, a S. E. il Signor Ministro della Publica Istruzione ed a Coloro che vogliono il progresso della Patria, questo studio mi raccomandi così, ch'io possa compiere quell'*aereonave* che con grandissima sicurezza ci farà viaggiare ad ogni luogo per le sublimi regioni.